

Grado en Ingeniería Eléctrica
Curso académico 2018-2019

Trabajo Fin de Grado

“Estudio y Dimensionado de una Instalación Refrigerada”

José Rubén García Cabrera

Tutora

Mercedes de Vega Blázquez

Tutor de empresa

Luis Lobo Yagüe

Madrid, 2019



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons Reconocimiento
– No Comercial – Sin Obra Derivada

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en el cálculo y dimensionado de una instalación refrigerada comercial.

Con el objetivo del presente trabajo claro, se llevará a cabo el cálculo de los diferentes parámetros que toman parte en un proyecto de este tipo pasando por cálculo de necesidades frigoríficas de la instalación, el dimensionado y selección de equipos que lo forman y el consumo y coste de dicha instalación.

Para ello se partirá desde la elección de dos tipos de sistemas de refrigeración que se vienen utilizando en las instalaciones actuales, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos y esclarecer cuál de ellos sería el más conveniente implementar.

Este proyecto ha sido realizado en la empresa *Carrier Refrigeración*, de la cual se han obtenido muchos de los datos y procedimientos de cálculo empleados.

A continuación se muestran algunos términos que se verán a lo largo del presente Trabajo de Fin de Grado:

Cámara frigorífica: recinto que se encuentra térmicamente aislado del exterior y que se emplea para la conservación de productos que precisen de una temperatura inferior a la temperatura ambiente.

Frescos o positiva: parte de la instalación frigorífica que se relaciona con la conservación de productos con temperaturas iguales o superiores a 0 °C. Abarca desde cámaras frigoríficas hasta equipamiento como son compresores, condensadores o evaporadores. En caso de que la temperatura sea inferior a 0 °C se denomina “congelados o negativa”

Necesidades frigoríficas: representan la cantidad de “frío” que necesita un recinto o instalación. Se representa en forma de Potencia frigorífica, y se expresa en kilovatios (kW).

Transcrítico: característica de los ciclos que emplean CO₂ de funcionar por encima de su punto crítico.

Diagrama Presión/Entalpía: también llamado diagrama de Molier, es la representación gráfica semilogarítmica en el plano presión/entalpía del estado de un fluido.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermana, por haber hecho posible este camino, por el apoyo que siempre me han hecho sentir y por la paciencia y comprensión que han sabido guardar con cada una de mis decisiones.

A mi pareja, por estar ahí en todos y cada uno de los momentos hasta llegar aquí, por confiar en mí y por creer que podía lograrlo.

A mi tutor de prácticas y posterior jefe Luis. Gracias por compartir conmigo tus conocimientos sobre el apasionante mundo de la refrigeración y por darme la oportunidad de poder demostrar todo lo aprendido en estos años.

A mi tutora Mercedes, por aceptar y darme la oportunidad de poder realizar este proyecto.

A mis amigos y compañeros de clase por haber hecho este camino mucho más ameno y compartir conmigo las alegrías y los malos momentos.

Gracias a todos los que de una manera u otra han participado en todo esto y lo han hecho posible.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Sistema de refrigeración.	2
1.3. Tipos de ciclos de refrigeración.	2
1.4. Componentes de una instalación frigorífica.	5
1.4.1. Cámaras frigoríficas.	5
1.4.2. Mobiliario frigorífico.....	6
1.4.3. Equipos de refrigeración.....	6
1.4.3.1. Compresor.	6
1.4.3.2. Condensador.	7
1.4.3.3. Evaporador.	8
1.4.3.4. Válvula de expansión	11
1.4.3.5. Subenfriador.	12
1.4.3.6. Otros equipos.....	13
1.5. Gases refrigerantes.	13
1.5.1. Freón.....	13
1.5.2. CO ₂	15
1.6. Normativa de aplicación.....	16
2. CÁLCULO DE NECESIDADES FRIGORÍFICAS.....	18
2.1. Descripción de la instalación.....	18
2.2. Cámaras frigoríficas.	19
2.2.1. Tipos de cámaras.	19
2.2.2. Composición de las cámaras frigoríficas.....	20
2.2.2.1. Paredes.....	20
2.2.2.2. Techos.....	20
2.2.2.3. Suelos.	21

2.2.2.4. Puertas.	21
2.2.3. Determinación del espesor de los paneles.	22
2.3. Cálculo de la carga térmica.	23
2.3.1. Condiciones térmicas previas.	23
2.3.1.1. Temperatura exterior de las cámaras.	23
2.3.1.2. Temperatura interior de las cámaras.	23
2.3.1.3. Temperaturas de transporte.	24
2.3.2. Procedimiento de cálculo.	24
2.3.2.1. Carga térmica a través de paredes, techo y suelos.	25
2.3.2.2. Cargas térmicas por refrigeración y/o congelación del producto.	26
2.3.2.3. Carga por respiración del producto.	29
2.3.2.4. Cargas por renovación de aire.	30
2.3.2.5. Cargas aportadas por las personas.	32
2.3.2.6. Cargas aportadas por la iluminación.	33
2.3.2.7. Carga aportada por la maquinaria.	34
2.3.2.8. Carga total.	35
2.3.3. Mobiliario de la instalación.	36
2.3.4. Necesidades frigoríficas totales de la instalación.	37
3. SELECCIÓN DE EQUIPOS.	39
3.1. Descripción de la instalación.	40
3.1.1. Instalación estándar de Freón.	40
3.1.2. Instalación Transcrítica con CO ₂	41
3.2. Selección de equipos.	42
3.2.1. Consideraciones previas.	42
3.2.2. Instalación estándar de Freón.	43
3.2.2.1. Selección de compresores.	43
3.2.2.2. Selección de los condensadores.	44

3.2.2.3. Selección de evaporadores de las cámaras.	46
3.2.3. Instalación transcrítica de CO ₂	47
3.2.3.1. Selección de compresores.....	47
3.2.3.2. Selección del condensador.....	49
3.2.3.3. Selección de evaporadores.....	50
3.2.3.4. Selección del subenfriador.....	51
4. RESULTADOS ANUALES.....	54
4.1. Procedimiento de cálculo.....	54
4.2. Consumo eléctrico de la instalación estándar de freón.....	60
4.3. Consumo eléctrico de la instalación transcrítica de CO ₂	63
4.4. Consumo eléctrico de la instalación transcrítica de CO ₂ con subenfriador.....	64
4.5. Comparativa de consumo eléctrico de los sistemas estudiados.....	65
5. PRESUPUESTO.....	69
5.1. Introducción.....	69
5.2. Instalación estándar con R-449a.....	70
5.2.1. Equipos.	70
5.2.2. Instalación frigorífica.	70
5.2.3. Materiales.	71
5.2.4. Electricidad y electrónica.	71
5.2.5. Ingeniería.	72
5.3. Instalación transcrítica de CO ₂	72
5.3.1. Equipos.	72
5.3.2. Instalación frigorífica	73
5.3.3. Materiales.	73
5.3.4. Electricidad y electrónica.	74
5.3.5. Ingeniería.	74
6. CONCLUSIONES.....	76

7. NOMENCLATURAS.....	79
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	82

ANEXO A. PLANO DE LA INSTALACIÓN.

**ANEXO B. COMPROBACIÓN DE LOS VALORES DEL ESPESOR DE
LOS PANELES DE LAS CÁMARAS.**

ANEXO C. DIAGRAMAS.

ANEXO D. FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.1.** SISTEMA CERRADO DE REFRIGERACIÓN
- Fig. 1.2.** SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN CASCADA
- Fig. 1.3.** SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN.
- Fig. 1.4.** DIAGRAMA P-H TRANSCRÍTICO.
- Fig. 1.5.** EJEMPLO DE UNA INSTALACIÓN REFRIGERADA COMERCIAL.
- Fig. 1.6.** EJEMPLO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA.
- Fig. 1.7.** MURAL, VITRINA E ISLA DE CONGELADOS.
- Fig. 1.8.** COMPRESORES ALTERNATIVO, SCROLL, CENTRIFUGO Y ROTATIVO.
- Fig. 1.9.** ESQUEMA DE UN CONDENSADOR REFRIGERADO POR AIRE.
- Fig. 1.10.** ESQUEMA DE UN EVAPORADOR DE EXPANSIÓN SECA O DIRECTA.
- Fig. 1.11.** EVAPORADORES CÚBICO Y DE DOBLE FLUJO O DE PALFÓN.
- Fig. 1.12.** EJEMPLO DE VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.
- Fig. 1.13.** ESQUEMA Y DIAGRAMA P-H DE UN SISTEMA TRANSCRÍTICO CON SUBENFRIDOR.
- Fig. 2.1.** PLANO DE LA INSTALACIÓN.
- Fig. 2.2.** SUJECCIÓN PANELES DE TECHO
- Fig. 2.3.** ESTRUCTURA DEL AISLAMIENTO DEL SUELO.
- Fig. 2.4.** TIPOLOGÍA DE LAS PUERTAS DE LAS CÁMARAS
- Fig. 3.1.** ESQUEMA INSTALACIÓN DE FRESCOS Y CONGELADOS.
- Fig. 3.2.** ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.
- Fig. 3.3.** PANTALLA DEL SOFTWARE DE BITZER DE SELECCIÓN DE COMPRESORES.
- Fig. 3.4.** DIAGRAMA P-H DE SELECCIÓN DEL CONDENSADOR.
- Fig. 3.5.** EJEMPLO DE CENTRAL MULTICOMPRESORA PARA LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.
- Fig. 3.6.** DIAGRAMA P-H DE UNA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.
- Fig. 3.7.** CATÁLOGO DE SELECCIÓN DE CONDENSADORES PROFROID.
- Fig. 3.8.** SELECCIÓN DEL SUBENFRIADOR.
- Fig. 4.1.** GRÁFICO DE TEMPERATURAS ANUALES.
- Fig. 4.2.** AJUSTE POLINÓMICO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA.

Fig. 4.3. AJUSTE POLINÓMICO DEL COP.

Fig. 4.4. POTENCIA FRIGORÍFICA ANUAL.

Fig. 4.5. DIAGRAMA P-H DE PRESIONES.

Fig. 4.6. GRÁFICO DEL COP ANUAL.

Fig. 4.7. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL.

Fig. 4.8. GRÁFICO COMPARATIVO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA MÁXIMA Y LA REAL.

Fig. 4.9. GRÁFICO COMPARATIVO DEL CONSUMO ELÉCTRICO MÁXIMO Y REAL.

Fig. 4.10. GRÁFICO DE LA POTENCIA ANUAL DE LA CENTRAL ESTÁNDAR DE NEGATIVA.

Fig. 4.11. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO REAL DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE NEGATIVA.

Fig. 4.12. GRÁFICO DE LA POTENCIA ANUAL DE LA CENTRAL ESTÁNDAR DE POSITIVA.

Fig. 4.13. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO REAL DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE POSITIVA.

Fig. 4.14. CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE FREÓN.

Fig. 4.15. GRÁFICO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂.

Fig. 4.16. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂.

Fig. 4.17. GRÁFICO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂ CON SUBENFRIADOR.

Fig. 4.18. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂ CON SUBENFRIADOR.

Fig. 4.19. COMPARATIVA DE CONSUMOS ELÉCTRICOS.

Fig. 4.20. GRÁFICO DE BARRAS DE LA COMPARATIVA DE CONSUMOS ELÉCTRICOS.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS EVAPORADORES.

Tabla 1.2. CARACTERÍSTICAS DEL REFRIGERANTE R449a.

Tabla 1.3. EFECTOS DEL CO₂ SOBRE LAS PERSONA.

Tabla 2.1. DIMENSIONES DE LAS CÁMARAS.

Tabla 2.2. ESPESORES DE PANELES DE CÁMARAS. CENTERPANEL.

Tabla 2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS.

Tabla 2.4. TEMPERATURA DE TRANSPORTE DEL PRODUCTO.

Tabla 2.5. PÉRDIDAS DE CARGA POR TRANSFERENCIA EN PAREDES, SUELO Y TECHO CÁMARA DE PESCADO.

Tabla 2.6. PÉRDIDAS DE CARGA POR TRANSFERENCIA EN PAREDES, SUELO Y TECHO DE TODAS LAS CÁMARAS.

Tabla 2.7. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO ALMACENADO.

Tabla 2.8. TEMPERATURAS DE ENTRADA DE PRODUCTO.

Tabla 2.9. RESULTADOS DE CARGA TÉRMICA POR CONSERVACIÓN/CONGELACIÓN DEL PRODUCTO.

Tabla 2.10. PÉRDIDAS DE CARGA POR RESPIRACIÓN DEL PRODUCTO.

Tabla 2.11. CONDICIONES AMBIENTALES.

Tabla 2.12. NÚMERO DE RENOVACIONES POR DÍA.

Tabla 2.13. PÉRDIDAS DE CARGA POR RENOVACIÓN DEL AIRE.

Tabla 2.14. CALOR EMITIDO POR PERSONA.

Tabla 2.15. PÉRDIDA DE CARGA POR INFLUENCIA DE LAS PERSONAS.

Tabla 2.16. PÉRDIDAS DE CARGA POR LA ILUMINACIÓN.

Tabla 2.17. PÉRDIDAS DE CARGA POR LAS PERSONAS.

Tabla 2.18. PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES DE LAS CÁMARAS.

Tabla 2.19. NECESIDADES FRIGORÍFICAS TOTALES.

Tabla 2.20. MOBILIARIO DE LA INSTALACIÓN.

Tabla 2.21. NECESIDADES FRIGORÍFICAS DE LOS SERVICIOS DE FRESCOS.

Tabla 2.22. NECESIDADES FRIGORÍFICAS DE LOS SERVICIOS DE CONGELADOS.

Tabla 3.1. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE FREÓN.

Tabla 3.2. EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍPTICA DE CO₂.

Tabla 3.3. COMPRESORES DE LA CENTRAL DE POSITIVA.

Tabla 3.4. COMPRESORES DE LA CENTRAL DE NEGATIVA.

Tabla 3.5. SELECCIÓN DE CONDENSADORES DE LA INSTALACIÓN ESTANDAR DE FRÓN.

Tabla 3.6. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE LA INSTALACIÓN DE POSITIVA.

Tabla 3.7. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE LA INSTALACIÓN DE NEGATIVA.

Tabla 3.8. SELECCIÓN DE COMPRESORES DE NEGATIVA DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Tabla 3.9. SELECCIÓN DE COMPRESORES DE POSITIVA DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Tabla 3.10. SELECCIÓN DEL CONDENSADOR DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Tabla 3.11. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE FRESCOS DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Tabla 3.12. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE CONGELADOS DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Tabla 4.1. TABLA DE DATOS PARA EL AJUSTE POLINÓMICO.

Tabla 5.1. PRECIOS EQUIPOS R-449A.

Tabla 5.2. PRECIOS INSTALACIÓN R-449A

Tabla 5.3. PRECIOS MATERIALES R-449A

Tabla 5.4. PRECIOS ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA R-449A

Tabla 5.5. PRECIOS INGENIERÍA R-449A

Tabla 5.6. PRECIOS EQUIPOS CO₂.

Tabla 5.7. PRECIOS INSTALACIÓN CO₂.

Tabla 5.8. PRECIOS MATERIALES CO₂.

Tabla 5.9. PRECIOS ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA CO₂.

Tabla 5.10. PRECIOS INGENIERÍA CO₂.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

El objetivo del presente Proyecto es el de comparar dos sistemas de refrigeración distintos, explicando previamente los pasos a seguir, desde un punto de vista principalmente energético.

En el “*Capítulo 2. Cálculo de necesidades frigoríficas*”, se desarrollará el cálculo de necesidades frigoríficas de la instalación. Se explicarán las partes de las que se compone dicha instalación, y los factores a tener en cuenta a la hora de obtener la potencia frigorífica requerida.

En el “*Capítulo 3. Selección de equipos*”, se llevará a cabo el dimensionado de cada uno de los equipos de los que se compone la instalación. Se indicará los tipos de equipos seleccionados y sus características principales, pasando por explicar el esquema principal de cada una de las instalaciones.

En el “*Capítulo 4. Resultados anuales*”, se procederá a calcular el consumo de la instalación en función del tipo de sistema de refrigeración empleado. Se desarrollará el proceso de cálculo, comentando los resultados obtenidos y realizando un análisis comparativo de ambos sistemas.

En el “*Capítulo 5. Presupuesto*”, se mostrarán los costes de cada instalación. Se detallará el coste de cada uno de los elementos que interviene en cada instalación, desde un punto de vista tanto material y humano como de desarrollo.

En el “*Capítulo 6. Conclusiones*”, se comentarán los resultados obtenidos del presente trabajo, realizando un análisis de los mismos y obteniendo unas conclusiones del mismo.

A continuación, se incorporará un apartado de anexos a modo de complementar la información del presente trabajo.

1.2. Sistema de refrigeración.

El principal objetivo de la refrigeración es el de mantener o disminuir el nivel de calor de un cuerpo o espacio. Este se lleva a cabo mediante un proceso termodinámico en el que se extrae calor de una región a baja temperatura y se transfiere a otra en la que la temperatura es superior. Este proceso termodinámico se rige por los Principios de la Termodinámica, aplicados en este caso a sistemas cerrados.

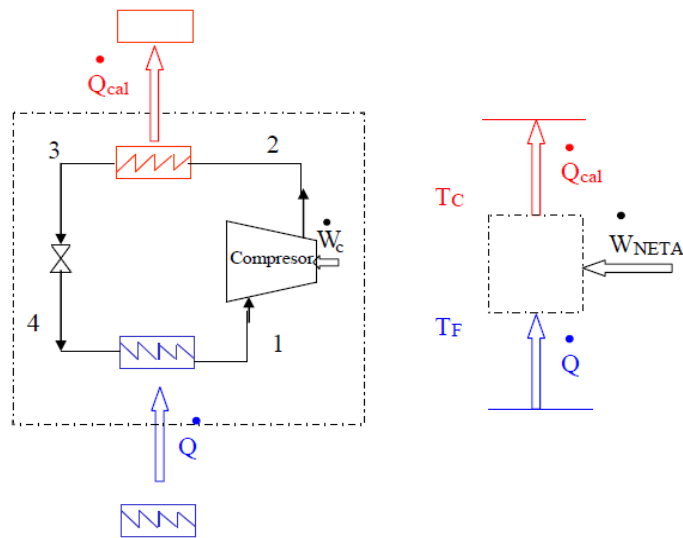


Fig. 1.1. SISTEMA CERRADO DE REFRIGERACIÓN. [1]

1.3. Tipos de ciclos de refrigeración.

En la actualidad existen distintos tipos de sistemas de refrigeración en función del ciclo empleado. A continuación se muestran algunos de ellos:

- Ciclo de refrigeración por compresión.

En este ciclo está compuesto por cuatro procesos; compresión, condensación o disipación de calor, expansión del refrigerante y evaporación o absorción de calor. El elemento compresor permite que el refrigerante pueda pasar desde su etapa de evaporación hasta la etapa de condensación.

- Ciclo de refrigeración en cascada.

Este tipo de ciclos se basa en realizar el proceso de refrigeración mediante la implementación de dos o más ciclos. Principalmente consiste en la unión de dos o más ciclos por compresión en los cuales el nexo de unión es un intercambiador que funciona como evaporador en uno de los ciclos y como condensador en el contiguo.

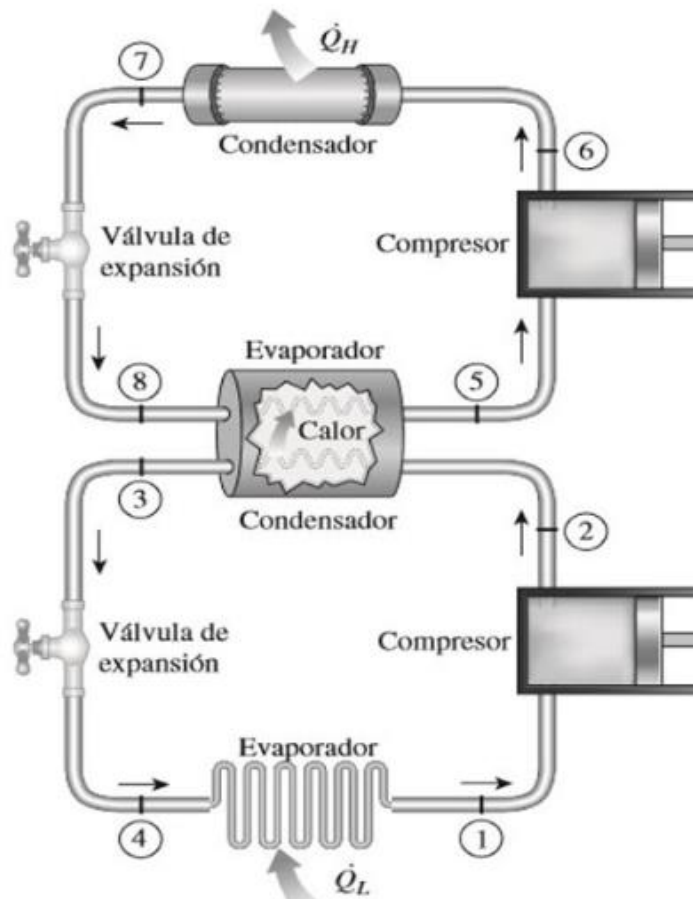


Fig. 1.2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN CASCADA.

- Sistema de refrigeración por compresión en múltiples etapas.

Un sistema de múltiples etapas se aplica a los sistemas en los que la diferencia de temperaturas entre la evaporación y la condensación es tan alta, y por tanto la diferencia de presiones, que realizar este trabajo en una sola etapa sería muy perjudicial para el elemento compresor, ya que su relación de compresión sería muy elevada. En la actualidad el sistema más empleado es el de doble etapa de compresión.

Particularizando para este proyecto, los sistemas empleados serán dos:

- Sistema de refrigeración estándar por compresión.
Se emplearán dos sistemas independientes que darán servicio a los elementos de la instalación que lo requieran; por un lado a los servicios de congelados o negativa (cámaras de congelados y mobiliario de congelados) y por otro lado a los servicios de frescos o de positiva (cámaras de conservación y obradores y mobiliario de productos frescos).

Cada uno de estos sistemas estará compuesto por una central multicompresora, un condensador y un evaporador por cada una de las cámaras. Los evaporadores del mobiliario vendrán incluidos en los propios muebles.

Este sistema funcionará con un freón o HFC.

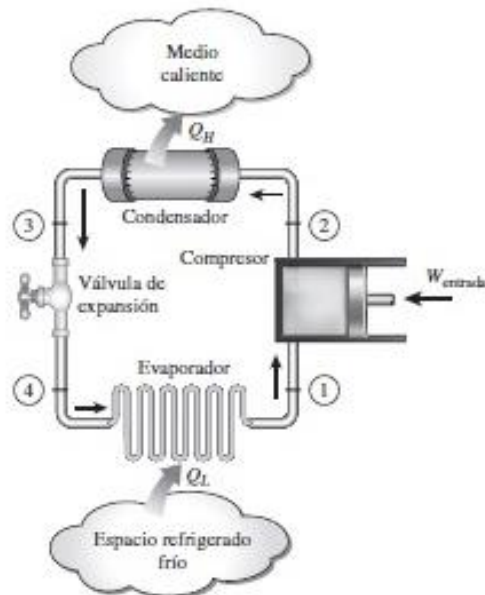


Fig. 1.3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN.

- Sistema de refrigeración transcrítico.

El segundo sistema empleado en este trabajo será un sistema transcrítico, el cual basa su funcionamiento en un sistema de refrigeración por doble compresión y "Booster".

Este sistema se caracteriza por funcionar por encima de su punto crítico, lo que implica que el refrigerante en su fase de condensación transcrítica no condensa a una temperatura constante como ocurre en los sistemas tradicionales.

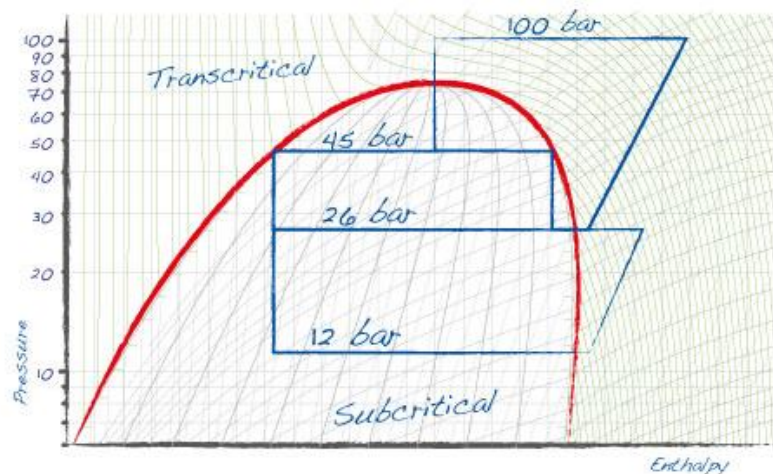


Fig. 1.4. DIAGRAMA P-H TRANSCRÍTICO.

Este tipo de ciclos utilizan un sistema “*Booster*” de doble compresión, en el cual el refrigerante descargado por los compresores de baja temperatura es llevado a la aspiración de los compresores de media/alta temperatura.

El refrigerante empleado será el CO₂, o comercialmente denominado R-744.

1.4. Componentes de una instalación frigorífica.

En este apartado se van a presentar los distintos elementos principales que componen una instalación frigorífica.

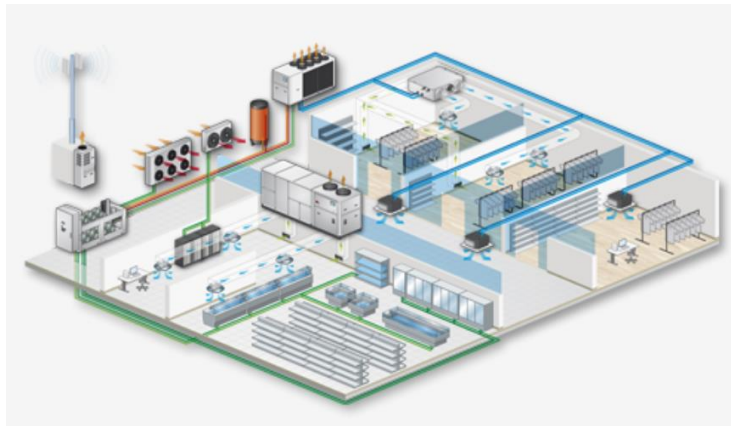


Fig. 1.5. EJEMPLO DE UNA INSTALACIÓN REFRIGERADA COMERCIAL.

1.4.1. Cámaras frigoríficas.

Las cámaras frigoríficas son las estancias en las que se almacena el producto antes de su venta al consumidor. Como se verá más adelante estas cámaras pueden ser de diversos tipos (conservación, congelación, manipulación de alimento u obradores...) y están equipadas con cerramientos con una conductividad térmica baja, para conservar el calor interior y un equipo de evaporación colocado en su interior.



Fig. 1.6. EJEMPLO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA.

1.4.2. Mobiliario frigorífico.

El mobiliario frigorífico es el encargado de mostrar el producto al cliente final para su venta. Estos mantienen la temperatura del producto que almacenan, y pueden ser de diversos tipos en función de su temperatura de conservación (frescos o congelados) y de su estructura (murales, semimurales, islas, vitrinas...).



Fig. 1.7.MURAL, VITRINA E ISLA DE CONGELADOS.

El mobiliario empleado para esta instalación viene equipado con un evaporador en su interior, conectado al circuito frigorífico mediante tuberías.

1.4.3. Equipos de refrigeración.

En este apartado se van a describir los elementos principales que se pueden encontrar en un circuito de refrigeración.

Los principales equipos que podemos encontrar son el compresor, el condensador, el evaporador y la válvula de expansión, además de otros elementos necesarios para el funcionamiento de la instalación. Estos equipos trabajan para que el refrigerante circule por todo el circuito, ganando y cediendo calor, y consiguiendo el objetivo final que es el de refrigerar la instalación.

1.4.3.1. Compresor.

Dentro del campo de los compresores empleados en el ámbito de la refrigeración existen distintos tipos, clasificados según su estructura de fabricación (herméticos, semiherméticos o abiertos) o por su funcionamiento (alternativos, de tornillo, scroll o rotativos, centrífugos...).



Fig. 1.8. COMPRESORES ALTERNATIVO, SCROLL, CENTRIFUGO Y ROTATIVO.

El compresor es el encargado de llevar el refrigerante desde la zona de baja presión (evaporación) hasta la zona de media/alta presión (condensación), mediante la compresión del mismo estableciendo una diferencia de presiones entre ambas zonas.

Los compresores más empleados en el sector de la refrigeración son de tipo alternativo o de tornillo. Para este proyecto se emplearán los de tipo alternativo y semiherméticos, los cuales se emplean principalmente en instalaciones de baja y media potencia, ya que proporcionan un adecuado desempeño de sus funciones para este tipo de instalaciones, ofrecen una buena relación calidad-precio-eficiencia y en caso de avería su reparación es más sencilla si lo comparamos con compresores de tipo hermético.

En las instalaciones estudiadas en el presente trabajo, estos compresores vendrán instalados en una misma bancada, conectados entre ellos por colectores comunes tanto en la descarga como en la aspiración de los mismos, para dar servicio a toda la instalación.

1.4.3.2. Condensador.

Un condensador es un intercambiador de calor en el que se produce la condensación del fluido que lo atraviesa. Este realiza el intercambio térmico con el ambiente, absorbiendo calor del mismo.

El condensador se coloca tras los compresores en el circuito frigorífico, enfriando los gases que se encuentran a alta temperatura, hasta la temperatura de condensación. Esta fase se realiza de forma rápida debido a la gran diferencia de temperaturas entre el ambiente y la descarga de los compresores. Tras esta fase, se produce el cambio de estado del refrigerante, pasando del estado sólido al líquido. Este proceso es el más lento e importante que se produce en la condensación. En la última etapa se produce el subenfriamiento del líquido, que dependerá del salto térmico existente.

En la actualidad existen diferentes tipos de condensadores:

- Refrigerados por aire.
- Refrigerados por agua.

Por simplicidad y por ser la opción más económica, para una instalación comercial se suelen emplear condensadores refrigerados por aire, los cuales serán los elegidos en el presente trabajo.

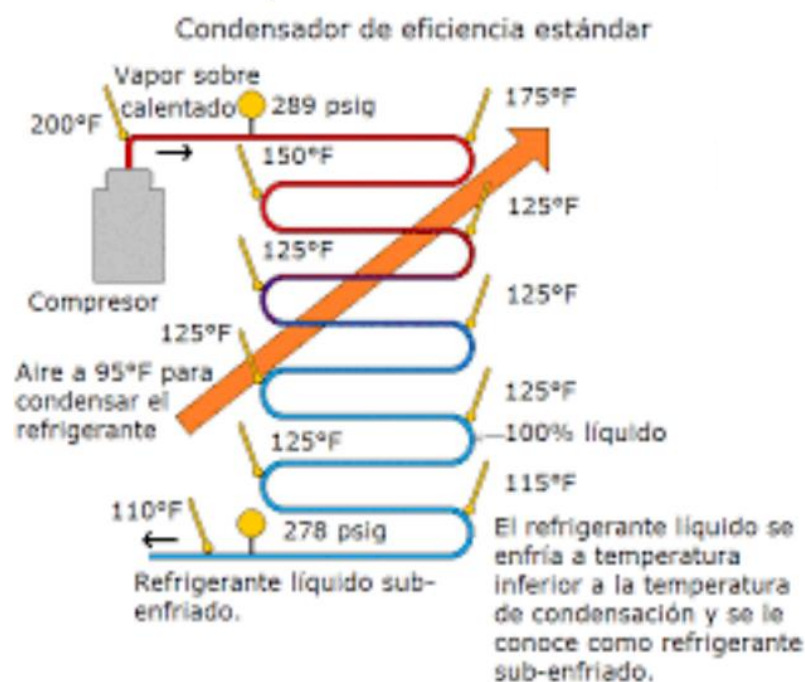


Fig. 1.9. ESQUEMA DE UN CONDENSADOR REFRIGERADO POR AIRE.

1.4.3.3. Evaporador.

Un evaporador es un elemento que mediante un intercambio de calor debe de satisfacer las necesidades frigoríficas de la zona en la que se ubique. Este equipo se encarga de absorber calor del ambiente en el que se encuentre para producir el frío necesario.

En esta instalación frigorífica se pueden encontrar tanto en el interior de las cámaras frigoríficas como en el mobiliario existente, y mediante una válvula de expansión ubicada a la entrada del evaporador en el circuito frigorífico se consigue el frío necesario para cada servicio. Tras el evaporador se encuentra el elemento compresor.

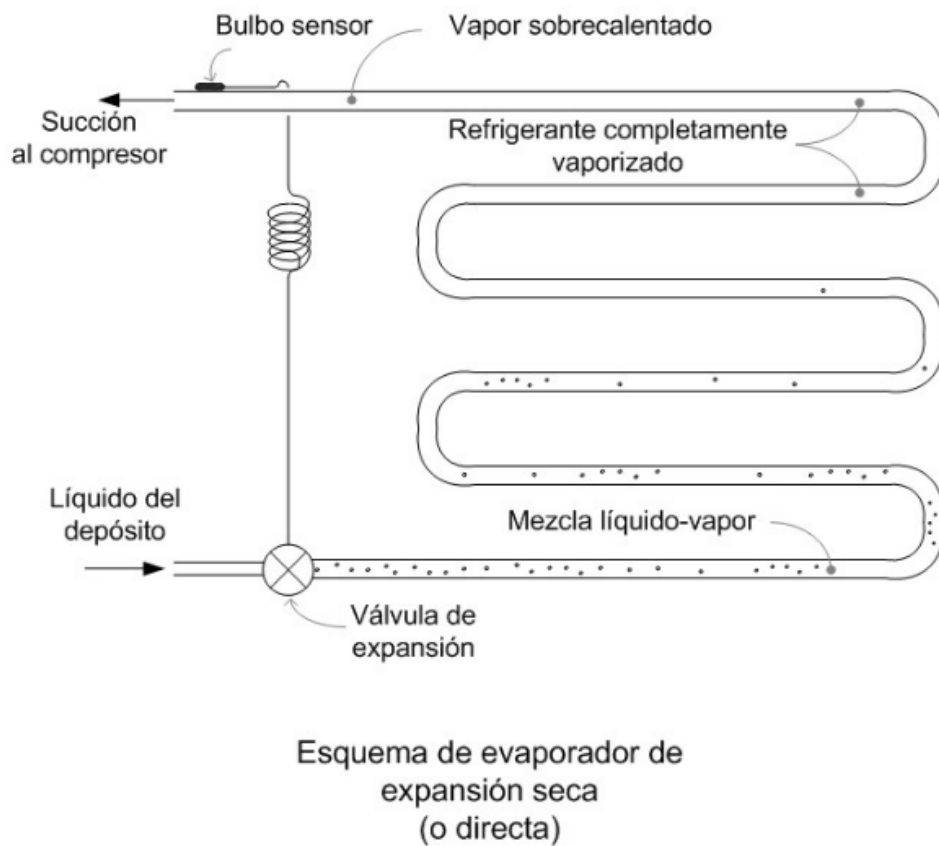


Fig. 1.10. ESQUEMA DE UN EVAPORADOR DE EXPANSIÓN SECA O DIRECTA.

Además de garantizar la generación de frío en el ambiente en el que se instalen, los evaporadores deben también garantizar que el fluido salga de los mismos en estado gaseoso, para no provocar daños en el elemento compresor.

Los evaporadores se pueden clasificar de diversas formas como se muestra a continuación:

Tabla 1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS EVAPORADORES.

Clasificación	Tipo
Método de alimentación del refrigerante	Inundados
	De expansión directa o seca
	Sobrealimentados
Por su construcción	Tubo descubierto
	Placas
	Aletas
Por la circulación de aire	Natural
	Forzada
Por su estructura	Cúbicos
	De doble flujo o plafón
	Cuña
	Verticales
Tipo de desescarche	Por aire
	Por agua
	Por resistencia eléctrica
	Por gas caliente



Fig. 1.11. EVAPORADORES CÚBICO Y DE DOBLE FLUJO O DE PALFÓN.

Para esta instalación se ha optado por unos evaporadores de expansión directa o seca, con construcción de aletas y circulación de aire forzada.

La elección según su estructura y desescarche se hará en función de la finalidad del mismo, si es para una cámara de conservación de frescos o de congelados o si es para un obrador o cámara de manipulación.

El desescarche de los evaporadores resulta necesario para el correcto funcionamiento del equipo. Este no es más que un proceso en el cual se consigue eliminar el hielo que se haya podido crear en la superficie del equipo, el cual se produce por la diferencia de temperaturas entre el ambiente en el que se instala el evaporador y el fluido que atraviesa el mismo, que suele ser menor.

1.4.3.4. Válvula de expansión

Otro elemento importante en un circuito frigorífico es la válvula de expansión. Esta se coloca tras el elemento condensador y el evaporador, y se encarga de disminuir la temperatura y presión del fluido hasta los niveles de evaporación mediante un proceso de expansión del fluido. También se encarga de limitar la cantidad de refrigerante que ingresa al evaporador. La caída brusca de presión del refrigerante al paso por la válvula de expansión, produce el fenómeno denominado como “*flash-gas*”, por el cual el refrigerante experimenta parcialmente un cambio de estado.

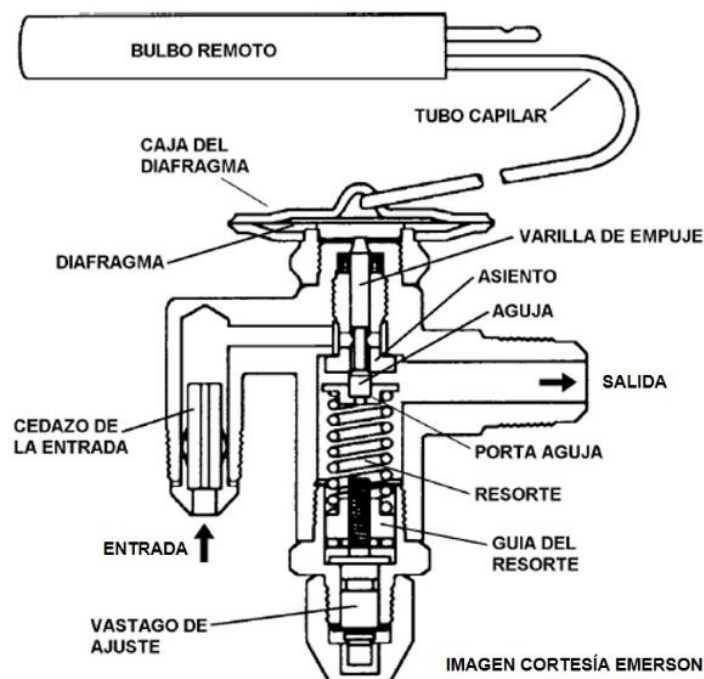


Fig. 1.12. EJEMPLO DE VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.

1.4.3.5. Subenfriador.

Particularizando para el Sistema Transcrítico del CO₂, un elemento que se suele incorporar al circuito frigorífico, es el subenfriador.

El subenfriador se utiliza para disminuir la temperatura del refrigerante líquido a la salida del condensador y antes del paso del mismo por la válvula de expansión. No todas las instalaciones lo incorporan. Es un elemento de eficiencia energética a través de un intercambiador de placas, el cual se dimensiona a partir de dos parámetros principales que le afectan: el excesivo calentamiento a la entrada del compresor y la eficiencia por subenfriamiento del líquido.

Se trata de una unidad compacta compuesta por un compresor, un condensador y un intercambiador que hace las veces de evaporador. Utiliza un refrigerante propio, independiente del empleado en el circuito principal, el cual se hace llevar al intercambiador de placas. En este intercambiador, ambos refrigerantes realizan el intercambio térmico a contracorriente, consiguiendo reducir la temperatura del refrigerante del circuito principal.

A continuación se puede ver de forma esquemática dicho equipo:

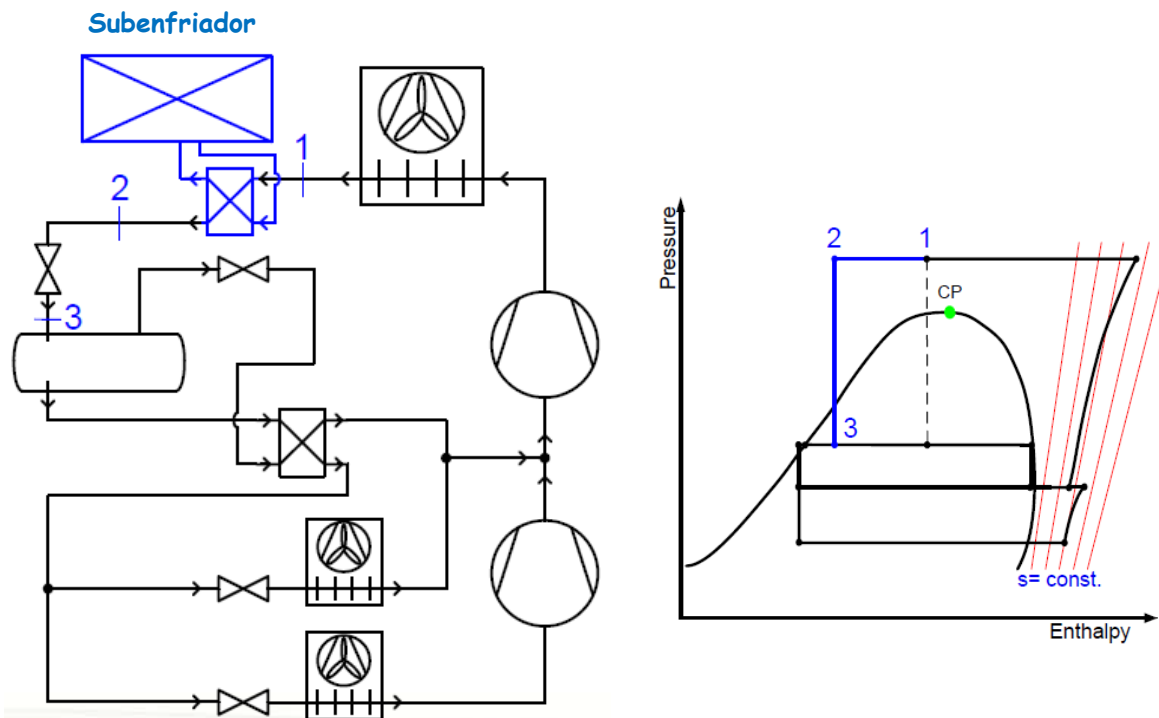


Fig. 1.13. ESQUEMA Y DIAGRAMA P-H DE UN SISTEMA TRANSCRÍTICO CON SUBENFRIDOR.

En la figura anterior se puede ver la ubicación del equipo dentro del circuito frigorífico y el efecto que produce dentro del diagrama presión-entalpía, donde el tramo que discurre entre los puntos 1 y 2 corresponde al subenfriamiento del refrigerante del circuito principal.

1.4.3.6. Otros equipos.

Dentro de una instalación se pueden encontrar otros equipos, si bien no menos importantes, pero que no serán objetivo de estudio en el presente trabajo:

- Depósito de líquido: colocado a la salida del condensador, recoge el refrigerante en forma de líquido/gas, y realiza las funciones de almacenar dicho refrigerante y de separar el mismo en las dos fases en las que se encuentra.
- Presostato: elemento encargado de abrir o cerrar el circuito en función de la presión a la que se encuentre el fluido refrigerante.
- Registrador de temperatura: encargado de tomar los datos de temperatura de la instalación lo que ayuda a llevar un registro de la misma en cuanto a las temperaturas de operación.
- Válvula de equilibrado de presiones: elemento que se ubica entre el interior y el exterior de las cámaras frigoríficas y que corrige las diferencias de presión en las mismas producido por la apertura y cierre de las puertas o por una gran entrada de producto en la cámara, entre otras causas.

1.5. Gases refrigerantes.

1.5.1. Freón o HFC.

Se denomina refrigerante al utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a bajas temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevada.

Su principal característica es la de poseer un baja temperatura de ebullición bajo el efecto de la presión atmosférica.

Son muchos los refrigerantes que se pueden encontrar en el mercado (R134a, R404a, R507...) pero para realizar el presente trabajo se utilizará el refrigerante R449a; un refrigerante que sustituye al R-404a, por ser menos contaminante que este y que presenta las siguientes mejoras:

- No es inflamable.
- Más eficiente, lo que repercute en un importante ahorro energético.
- Es totalmente compatible con los sistemas que a día de hoy utilizan refrigerante R-404a.

Estos gases refrigerantes están adscritos al Reglamento (UE) N° 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 , por el que se regulan los límites de emisiones y controles de estos refrigerantes, y que establece para el año 2020 una disminución de los gases de efecto invernadero procedentes de estos refrigerantes.

En la siguiente tabla se podrá ver las principales características del refrigerante R449a:

Tabla 1.2. CARACTERÍSTICAS DEL REFRIGERANTE R449a.

GASES	CARACTERISTICAS						
	ODP	PCA	Precio €/kg	Impuesto/kg	Deslizamiento (°C)	Cargas (Kgs)	TEWI (Kgs CO ₂)
R134A	0	1300	6,06	17,16	0	1,3	18857,961
R450A	0	547	16,11	7,22	0,79	1,73	19398,011
R1234ze	0	7	29,33	0	0	0,89	17880,629
R1234yf	0	4	155,56	0	0	1	17934,869
R422D	0	2623	13,79	34,62	4,5	1,3	26555,847
R434A (M T ^a)	0	3131	15,01	41,33	1,5	1,52	28378,535
R513A	0	572	24,8	7,55	0	1,005	17666,265
R404A (M T ^a)	0	3784	7,69	49,95	0,7	1,5	39212,729
R407F	0	1705	8,61	22,51	6,4	1,2	33581,666
R438A	0	2151	13,5	28,4	4	1,205	34811,964
R442A (M T ^a)	0	1793	9,94	23,67	4,6	1,5	35453,577
R404A (B T ^a)	0	3784	7,69	49,95	0,7	1,5	31572,9
R442A (B T ^a)	0	1793	9,94	23,67	4,6	1,5	27531,033
R448A	0	1300	17,24	17,16	6	1,25	24158,583
R449A	0	1307	16,25	17,26	6	1,02	22613,79
R434A (B T ^a)	0	3131	15,01	41,33	1,5	1,52	29304,84
R452A	0	2067	23,90	27,28	3	1,12	23434,583
R453A	0	1664	13,835	21,96	4,2	1,13	23598,714

1.5.2. CO₂.

El dióxido de carbono o CO₂ (a partir de ahora se denominará R744, así llamado dentro del campo de los refrigerantes) comenzó su aplicación en el frío en el siglo XIX, aunque no se extendió por las dificultades en su aplicación debido en gran parte a las altas presiones que alcanza (34 bares a 0 °C), muy superiores a las de los fluidos existentes en ese momento.

En la actualidad, el R744 se emplea en multitud de instalaciones refrigeradas debido a la mejora de los materiales que componen su instalación y a los avances tecnológicos. Este refrigerante presenta las siguientes ventajas:

- Es una sustancia natural.
- No afecta a la capa de ozono.
- No existe protocolo especial para su reciclaje.
- Clasificado como no tóxico. (GWP = 1).
- Barato y disponible a nivel mundial.
- La producción frigorífica en el compresor es de 8 a 9 veces superior a la de los HFC.
- No sujeto a la norma F-gas.

Sin embargo presenta otros puntos negativos en cuanto a su margen de funcionamiento, ya que su punto triple (-56,6 °C a 5,2 bares) y su punto crítico (31 °C a 73,83 bares) permiten una zona reducida para su utilización, y en cuanto a los efectos que produce en las personas a diferentes concentraciones:

Tabla 1.3. EFECTOS DEL CO₂ SOBRE LAS PERSONA.

Concentración		Nota
Volumen %	ppm	
0,0368	368	Concentración atmosférica de CO ₂
0,5	5.000	Máxima concentración admisible de CO ₂ en un lugar de trabajo en jornadas de 40 horas semanales.
0,5	5.000	Prealarma detector de fugas según RD138/2011. Se activa el sistema de ventilación del recinto.
1,0	10.000	Alarma detector de fugas según RD138/2011. Prohibida la entrada al recinto de toda persona salvo aquellas protegidas por equipo de respiración autónoma.
3-5	30.000 – 50.000	Dolor de cabeza, dificultad para respirar, náuseas.
3,9	39.000	Límite práctico según EN 378-1: 0,07 kg/m ³ aire
8-10	80.000 - 100.000	Calambre, inconsciencia, parada respiratoria, muerte después de 30-60 minutos.
20	200.000	Muerte después 5-10 minutos

1.6. Normativa de aplicación.

Toda instalación frigorífica debe seguir una normativa de obligado cumplimiento.

A continuación se van a exponer las normativas actuales que deben ser aplicadas a este tipo de instalaciones:

- Reglamento 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 relativo a la higiene de los productos alimentarios.
- Reglamento (CE) n.º 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de Abril de 2014, sobre los gases fluorados de efecto invernadero, que deroga el Reglamento CE 842/2006. Dicho reglamento incluye limitaciones y prohibiciones a su uso, así como medidas para fomentar la contención de las emisiones y la recuperación de estos fluidos.
- Reglamento 37/2005 de la Comisión de 12 de enero de 2005 relativo al control de las temperaturas en los medios de transporte y los locales de depósito y almacenamiento de alimentos ultracongelados destinados al consumo humano.
- Real Decreto 1109/1991 del 12 de julio por el que se aprueba la norma general relativa a los alimentos ultracongelados destinados a la alimentación humana.
- Real Decreto 618/1998 de 8 de abril. Reglamento técnico sanitario para la elaboración, circulación y comercio de helados y mezclas envasadas para congelar.
- Real Decreto 168/1985, de 6 de febrero. Reglamento técnico-sanitario sobre las condiciones generales de almacenamiento frigorífico de alimentos y productos alimentarios.
- Real Decreto 1376/2003 de 7 de noviembre, por el que se establecen las condiciones sanitarias de producción, almacenamiento y comercialización de las carnes frescas y sus derivados en los establecimientos de comercio al por menor.
- Real Decreto 136/2011 de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Instrucciones Técnicas Complementarias, ITC/3701/01/2006, del Ministerio de Industria Turismo y Comercio, de 22 de noviembre, por el que se regula el control metrológico del Estado de los registradores de temperatura y termómetros para el transporte, almacenamiento, distribución y control de productos a temperatura controlada.

2. CÁLCULO DE NECESIDADES FRIGORÍFICAS

2.1. Descripción de la instalación.

En el campo de la refrigeración, se dice que una instalación refrigerada es la superficie en la que se realiza el proceso de conservación y/o tratamiento de un producto almacenado. Dentro estas instalaciones se pueden encontrar por un lado las de tipo comercial, en las cuales se realiza la venta al por menor, y las de tipo industrial, donde su principal objetivo es el del almacenamiento del producto y su posterior distribución a gran escala.

La instalación sobre la que trata el presente trabajo consiste en una instalación comercial situada en las cercanías del Aeropuerto Internacional de Jerez de la Frontera, provincia de Cádiz. Para esta ubicación se va a tomar como referencia las condiciones atmosféricas registradas en el año 2017, en el cual se registró una temperatura máxima de 40,5°C y una temperatura mínima de -2,7°C.

Dicha instalación se divide en dos zonas: sala de ventas y zona de almacenamiento y conservación. La primera de ellas es la zona abierta al consumidor, en la cual se pueden encontrar los diferentes muebles refrigerados que conservan el producto de venta al público. La segunda zona, la zona de almacenamiento y conservación, y principal objeto de estudio del presente trabajo, se compone de diversas cámaras donde el producto es almacenado y conservado antes de su salida a la zona de venta. Estas cámaras, como se verá más adelante en el presente trabajo, se dividen en cámaras de conservación, ya sean de productos frescos o congelados y cámaras de manipulación del producto u obradores.

En la siguiente figura, se puede ver el plano de la instalación con las zonas anteriormente mencionadas:

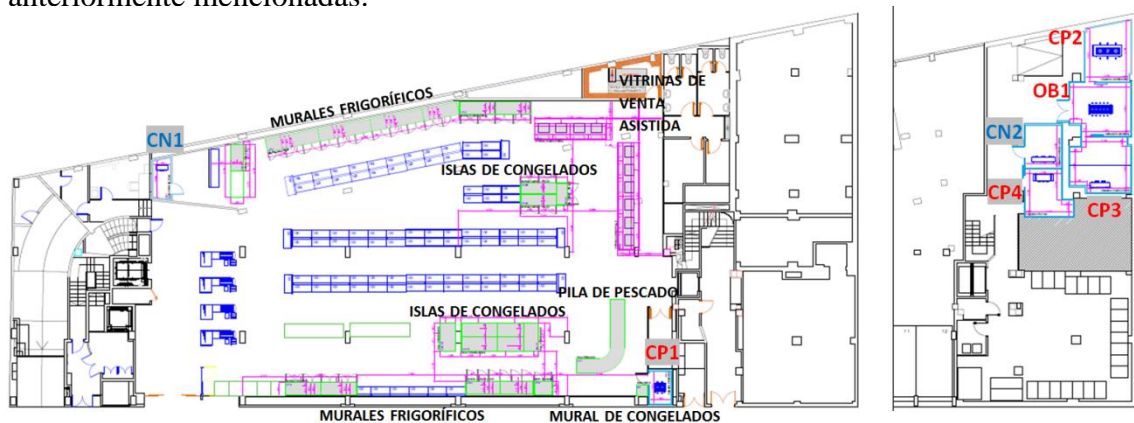


Fig. 2.1. PLANO DE LA INSTALACIÓN.

En el **Anexo A**, podrá verse el plano de la instalación a toda página.

A continuación se van a identificar las distintas cámaras que se pueden encontrar en la instalación y sus medidas:

Tabla 2.1. DIMENSIONES DE LAS CÁMARAS.

Cámara	ID	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Pescado	CP1	2.33	1.49	2,80	3,47	9,72
Carne/Pollo	CP2	4.3	3.05	2,80	13,12	36,72
Charcutería	CP3	4.03	3.9	2,80	15,72	44,01
Fruta	CP4	3.40	3.35	2,80	11,39	31,89
Obrador general	OB1	4.31	3.78	2,80	16,29	45,62
Pan congelado	CN1	2.55	1.25	2,80	3,19	8,93
Congelados	CN2	3.00	2.54	2,80	7,62	21,34

2.2. Cámaras frigoríficas.

2.2.1. Tipos de cámaras.

Dentro del campo de la refrigeración se pueden encontrar distintos tipos de cámaras frigoríficas:

- Cámaras de almacenamiento frigorífico.
- Cámara frigorífica para productos congelados.
- Cámara frigorífica para productos refrigerados.
- Cámara frigorífica bitémpera.
- Cámara frigorífica mixta.
- Túnel de congelación.

Esta clasificación fue establecida por el Reglamento técnico-sanitario sobre las condiciones generales de almacenamiento frigorífico de alimentos y productos alimentarios (R.D. 168/1985, de 6 de febrero).

De la clasificación de cámaras anterior, el presente trabajo se va a centrar en dos tipos de cámaras:

- Cámaras frigoríficas para productos refrigerados, con temperaturas iguales o superiores a 0°C. Este tipo de cámaras llevan a cabo el proceso de conservación del producto que almacenan o de enfriamiento sin llegar a valores negativos.
- Cámaras frigoríficas para productos congelados, con temperaturas inferiores a 0°C. Estas cámaras se encargan de realizar la congelación del producto almacenado, es decir, bajar la temperatura del producto a valores negativos o mantener el mismo producto a esos valores negativos.

Además de contar con estos dos tipos de cámaras, también encontraremos las cámaras de tratamiento del producto u obradores. Estas se encargan de mantener una temperatura óptima del producto mientras se realizan sobre él los distintos trabajos antes de su posterior almacenamiento o puesta a la venta y establecer una temperatura no perjudicial para las personas que trabajan en ellas.

2.2.2. Composición de las cámaras frigoríficas.

Antes de definir el espesor de los paneles de las cámaras, dato principal empleado para el posterior cálculo de las necesidades frigoríficas de las cámaras, en los próximos apartados se van a definir las distintas partes de los cerramientos de que se componen las mismas. La empresa CenterPanel [2] posee un amplio catálogo en cerramientos de cámaras frigoríficas, del cual se obtendrán los distintos valores requeridos.

2.2.2.1. Paredes.

Las paredes de las cámaras estarán formadas por paneles de tipo sándwich, el cual está compuesto por el aislante, la barrera de vapor y el revestimiento, todo ello en un única pieza. El material principal de los paneles será de poliuretano (PU), el cual posee una conductividad térmica λ de 0,021 W/m°C, y estarán ensamblados mediante tornillos autotaladrantes lacados y acabados con perfilería sanitaria de PVC.

2.2.2.2. Techos.

Al igual que las paredes de las cámaras, el techo estará formado por paneles de tipo sándwich con una conductividad térmica λ de 0,021 W/m°C y perfil soporte Omega de aluminio lacado blanco para su sustentación. Incluye acabados con perfilería sanitaria de PVC.

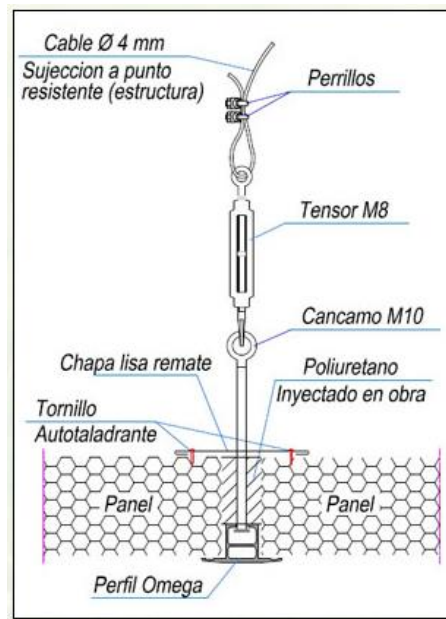


Fig. 2.2. SUJECCIÓN PANELES DE TECHO.

2.2.2.3. Suelos.

Para las cámaras de congelados se ha considerado el incluir el aislamiento del suelo. Para ello se colocará una solera de relleno de grava y una capa de hormigón que irá armada con un mallazo, sobre el que se construirá un solado de baldosas antideslizantes. El aislamiento estará compuesto por planchas de espuma rígida de poliuretano de conductividad térmica λ de 0,021 W/m°C, tal y como indica la siguiente imagen:

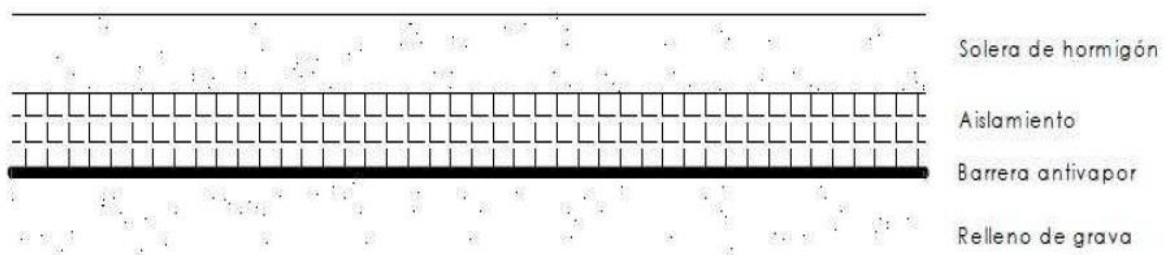


Fig. 2.3. ESTRUCTURA DEL AISLAMIENTO DEL SUELO.

2.2.2.4. Puertas.

Las puertas serán de tipo “Pivotante”, con cierre en un punto, destinadas especialmente a cámaras de conservación y congelación, y fabricadas con herrajes de poliamida de alta calidad o de acero inoxidable. Incorporan manetas de apertura.

El marco de las puertas será de aluminio de aleación 6063, tratamiento T5, con acabado anodizado Inox y perfilería en PVC.

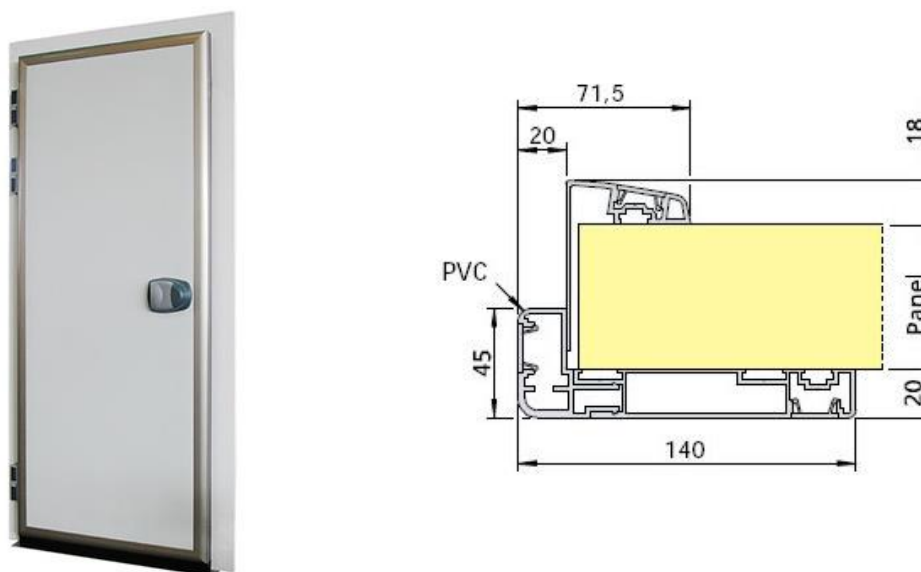


Fig. 2.4. TIPOLOGÍA DE LAS PUERTAS DE LAS CÁMARAS.

Para llevar a cabo el cálculo de cargas, como se verá más adelante, las características de transmisión de calor a través de las puertas se asemejarán al de las paredes de las cámaras.

2.2.3. Determinación del espesor de los paneles.

El valor del espesor de los paneles es un dato muy importante a tener en cuenta ya que en función del mismo se obtendrá un buen dimensionado de las necesidades frigoríficas de las cámaras.

CenterPanel proporciona una serie de espesores en función del tipo de cámara, como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 2.2. ESPESORES DE PANELES DE CÁMARAS. CENTERPANEL.

PESO		TRANSMISIÓN TÉRMICA	
Espesor (mm)	Masa aprox. (Kg/m ²) en función del espesor de las caras metálicas 0,5/0,5	Espesor nominal (mm)	U (W/m ² K)
40	10,10	40	0,52
60	11,00	60	0,35
80	11,90	80	0,27
100	12,80	100	0,21
120	13,40	120	0,18
150	14,70	150	0,14
180	16,00	180	0,12
200	16,80	200	0,11

De esta tabla, extraeremos los espesores que se utilizarán en la instalación por recomendación del fabricante. Estos espesores son:

- Para cámaras de frescos ($> 0^{\circ}\text{C}$): 80 mm.
- Para cámaras de congelados ($< 0^{\circ}\text{C}$): 180 mm.
- Para obradores ($18\text{-}20^{\circ}\text{C}$): 60 mm.

En el **Anexo B** se realiza la comprobación de la validez de estos espesores para las distintas cámaras.

2.3. Cálculo de la carga térmica.

2.3.1. Condiciones térmicas previas.

El cálculo de la carga térmica es el primer paso y más importante para dimensionar una instalación refrigerada y estará condicionada por el objetivo final de la misma, su localización y el tipo de cerramientos. Este cálculo necesita de unas condiciones previas, las cuales están definidas en el Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas definidas en el Real Decreto 1751/1998, “destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria”. Para ello se han de tener en cuenta algunos parámetros previos que se verán a continuación.

2.3.1.1. Temperatura exterior de las cámaras.

Las cámaras refrigeradas en cualquier caso se encuentran expuestas a una temperatura exterior que ha de tenerse en cuenta para dimensionarlas. En la mayoría de los casos, las cámaras refrigeradas son estancias prefabricadas, construidas por diferentes materiales, ubicadas dentro de un edificio o nave industrial en una atmósfera controlada en temperatura y humedad.

Para este caso, las cámaras refrigeradas se encuentran ubicadas en una superficie separada de la zona de venta al público, con unas condiciones de temperatura y humedad de 26°C y 55% respectivamente según nos indica la normativa RITE.

2.3.1.2. Temperatura interior de las cámaras.

Para instalaciones frigoríficas destinadas a la conservación y/o transporte de alimentos, las condiciones de temperatura y humedad vendrán determinadas por el tipo de producto almacenado y la aplicación de cada cámara. A continuación se presentan los valores de estas temperaturas de las cámaras que componen esta instalación.

Tabla 2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS.

Producto	Tª de conservación (°C)	HR de conservación (%)	C.E. sin congelar (kJ/kg·k)	C.E. congelado (kJ/kg·k)
Carne/Aves	0 a 2	85 a 95	2,88	1,47
Embutidos	2 a 4	80 a 85	3,73	2,35
Pescado	0 a 2	75 a 90	3,18	1,72
Fruta	2 a 4	85 a 95	3,80	1,85
Productos Congelados	-24 a -30	-	-	1,5
Pan Congelado	-24 a -30	-	-	1,42

2.3.1.3. Temperaturas de transporte.

Los productos que llegan al establecimiento previamente a ser almacenados, han de ser transportados en camiones refrigerados o isoterms, garantizando que su temperatura se vea alterada lo menos posible. El Reglamento (CE) 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo establece las temperaturas necesarias para el transporte de los alimentos. En la siguiente tabla se muestran estos valores:

Tabla 2.4. TEMPERATURA DE TRANSPORTE DEL PRODUCTO.

Producto	Tª de Transporte (°C)
Carne/Aves	7
Embutidos	7
Pescado	0
Fruta	5
Productos Congelados	-18
Pan Congelado	-18

2.3.2. Procedimiento de cálculo.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se va a proceder a realizar el cálculo de pérdida de cargas de las distintas cámaras de la instalación. Este cálculo se va a realizar paso a paso, explicando cada punto influyente en el resultado final, mostrando la formulación necesaria y haciendo un resumen de cada apartado con los valores obtenidos y los comentarios que sean necesarios.

Para realizar el cálculo de cargas se han de tener en cuenta los siguientes puntos:

- Cargas a través de paredes, techo y suelos.
- Cargas por refrigeración y/o congelación del producto.
- Cargas por respiración del producto.
- Cargas por renovación de aire.
- Cargas aportadas por las personas.
- Cargas aportadas por la iluminación.
- Cargas aportadas por la maquinaria.

2.3.2.1. Carga térmica a través de paredes, techo y suelos.

A través de las superficies que rodean las cámaras el calor del exterior traspasa hacia el interior de las mismas aumentando su temperatura. Esto se soluciona en gran parte instalando paneles con materiales aislantes que impiden el paso de este calor, pero el calor que sí consigue traspasar, es necesario calcularlo, lo que se verá en el presente apartado.

Las pérdidas de carga producidas a través de las superficies de las distintas cámaras de la instalación se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$Q_1 = U \cdot S \cdot \Delta T \quad (1)$$

Q - Carga (kW).

U - Coeficiente global de transmisión de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$).

S - Superficie del cerramiento (m^2).

ΔT - Diferencia de temperatura.

De la anterior ecuación se conocen todos los datos, por lo que simplemente sustituyendo los valores en esta, se pueden obtener las pérdidas de carga de cada cámara.

En la siguiente tabla se puede ver los resultados obtenidos para una de las cámaras a modo de ejemplo:

Tabla 2.5. PÉRDIDAS DE CARGA POR TRANSFERENCIA EN PAREDES, SUELO Y TECHO CÁMARA DE PESCADO.

Cámara	ID		U (W/m ² °C)	S (m ²)	ΔT	Q ₁ (kW)
Pescado	CP1	Pared 1	0,27	6,52	26	0,05
		Pared 2	0,27	6,52	26	0,05
		Pared 3	0,27	4,17	26	0,03
		Pared 4	0,27	4,17	26	0,03
		Techo	0,27	3,47	26	0,02
		Suelo	0,55	3,47	15	0,03
		Total				0,2

Una vez visto el ejemplo con la cámara de pescado, en la siguiente tabla se pueden ver los valores obtenidos para el resto de las cámaras:

Tabla 2.6. PÉRDIDAS DE CARGA POR TRANSFERENCIA EN PAREDES, SUELO Y TECHO DE TODAS LAS CÁMARAS.

Cámara	ID	Q ₁ (kW)
Pescado	CP1	0,20
Carne/Pollo	CP2	0,49
Charcutería	CP3	0,50
Fruta	CP4	0,40
Obrador general	OB1	0,39
Pan congelado	CN1	0,16
Congelados	CN2	0,27

2.3.2.2. Cargas térmicas por refrigeración y/o congelación del producto.

Antes de iniciar los cálculos del presente apartado, se debe de conocer el tipo de producto almacenado, su carga y el calor específico.

$$m_{\text{día}} = \rho_s \cdot S \cdot f \quad (2)$$

- $m_{día}$ - Circulación de mercancía diaria (kg/día).
- ρ_s - Densidad superficial de la cámara (kg/m²)
- S - Superficie de la cámara (m²).
- f - Factor de utilización superficial (%).

En la siguiente tabla se establecen los valores que necesitamos saber sobre los productos almacenados:

Tabla 2.7. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO ALMACENADO.

Cámara	ID	Densidad superficial (kg/m ²)	Superficie cámara (m ²)	Factor utilización superficie (%)	Circulación de mercancía (kg/día)
Pescado	CP1	1.500	3,47	75%	3.905
Carne/Pollo	CP2	450	13,12	75%	4.426
Charcutería	CP3	200	15,72	75%	2.375
Fruta	CP4	800	11,39	75%	6.834
Obrador general	OB1	500	16,29	75%	6.109
Pan congelado	CN1	5.000	3,19	75%	11.953
Congelados	CN2	2.400	7,62	75%	13.716

Establecidas las temperaturas de almacenamiento y el tipo, carga y calor específico del producto, se ha de conocer las temperaturas de entrada de los productos a sus correspondientes cámaras.

Para establecer estas temperaturas se partirá de las temperaturas de transporte del producto, vistas con anterioridad en la *Tabla 2.4* y se aplicará un incremento de temperatura o recalentamiento debido al paso del producto desde el vehículo de transporte a las cámaras frigoríficas. En la siguiente tabla se obtienen las temperaturas de entrada del producto:

Tabla 2.8. TEMPERATURAS DE ENTRADA DE PRODCUTO.

Cámara	ID	Tª transporte (°C)	Recalentamiento (k)	Tª entrada producto (°C)
Pescado	CP1	0	5	5
Carne/Pollo	CP2	7	3	10
Charcutería	CP3	7	3	10
Fruta	CP4	5	3	8
Obrador general	OB1	-	-	15
Pan congelado	CN1	-18	3	-15
Congelados	CN2	-18	3	-15

Otro punto importante a tener en cuenta es el hecho de que los productos que se almacenan en las cámaras de congelados, llegan a la instalación con temperaturas por debajo de los 0°C, como puede verse en la anterior tabla, por lo no sería necesario calcular las cargas térmicas producidas por congelación del producto. Por tanto la expresión que resume este apartado es la siguiente:

$$Q_2 = Cp^+ \cdot m \cdot (t_e - t_i) / 86.400 \quad (3)$$

Q - Carga (kW).

Cp - Calor específico del producto $T^a > 0^\circ\text{C}$ (kJ/kg·K).

m - masa de producto diaria. (kg/día).

t_e - Temperatura de entrada del producto.

t_i - Temperatura de almacenamiento.

Tabla 2.9. RESULTADOS DE CARGA TÉRMICA POR CONSERVACIÓN/CONGELACIÓN DEL PRODUCTO.

Cámara	ID	Cp (kJ/kg·K)	m (kg/día)	te (°C)	ti (°C)	Q ₂ (kW)
Pescado	CP1	3,18	3.906	5	0	0,72
Carne/Pollo	CP2	2,88	4.426	10	0	1,48
Charcutería	CP3	3,73	2.358	10	2	0,81
Fruta	CP4	3,80	6.834	8	2	1,80
Obrador general	OB1	2,88	2.444	15	10	1,02
Pan congelado	CN1	1,42	11.953	-15	-24	1,77
Congelados	CN2	1,50	13.716	-15	-24	2,14

2.3.2.3. Carga por respiración del producto.

La respiración de producto se suele aplicar a las cámaras de frutas y verduras debido a que estas continúan su proceso de maduración tras ser almacenadas, aportando un calor adicional que se calcula en el presente apartado. Este calor suele ser pequeño en comparación con el resto de datos de pérdidas de carga, y se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_3 = L \cdot m / 86.400 \quad (4)$$

Q - Carga (kW).

L_r - Calor de respiración del producto (kJ/kg).

m - masa de producto diaria. (kg/día).

Y los resultados obtenidos son:

Tabla 2.10. PÉRDIDAS DE CARGA POR RESPIRACIÓN DEL PRODUCTO.

Cámara	ID	Lr (kJ/kg)	m (kg/día)	Q ₃ (kW)
Pescado	CP1	-	-	-
Carne/Pollo	CP2	-	-	-
Charcutería	CP3	-	-	-
Fruta	CP4	1,67	6.834	0,13
Obrador general	OB1	-	-	-
Pan congelado	CN1	-	-	-
Congelados	CN2	-	-	-

2.3.2.4. Cargas por renovación de aire.

Debido al almacenamiento de productos perecederos es necesaria la existencia de una ventilación suficiente en las cámaras que permita sustituir el aire viciado de las mismas por aire fresco. Esta ventilación engloba principalmente la apertura y cierre de puertas y la implementación de un sistema de ventilación forzada. Para realizar este cálculo se ha de tener en cuenta el número de renovaciones de aire, el volumen de la cámara, la densidad del aire y la diferencia de entalpías. Su expresión es la siguiente:

$$Q_4 = (V \cdot \rho \cdot N \cdot \Delta h) / 86.400 \quad (5)$$

- Q - Carga (kW).
 V - Volumen de la cámara (m³)
 ρ - Densidad del aire (kg/m³)
 N - Número de renovaciones por día.
 Δh - Diferencia de entalpías (kJ/kg)

A continuación se presentan las condiciones ambientales para poder establecer los diferentes valores de entalpías utilizando los Diagramas Psicométricos del aire a baja y alta temperatura (*Anexo [C]*):

Tabla 2.11. CONDICIONES AMBIENTALES.

Condiciones ambientales			
Tª (°C)	Humedad relativa (%)	Densidad del aire (kg/m3)	Entalpía (kJ/kg)
-28	80	1,46	-27
-24	80	1,42	-23
-18	80	1,38	-16
-10	80	1,34	-7
0	75	1,29	7
5	75	1,27	15
10	70	1,24	26
15	70	1,22	34
20	55	1,20	40
25	50	1,17	50
32	40	1,15	63

Las renovaciones de aire se obtienen en función del volumen de la cámara como puede verse en la siguiente tabla:

Tabla 2.12. NÚMERO DE RENOVACIONES POR DÍA. [3]

Volumen (m ³)	Renovaciones por día (n/d)		Volumen (m ³)	Renovaciones por día (n/d)	
	Temp <0°C	Temp >0°C		Temp <0°C	Temp >0°C
2,5	52	70	100	6,8	9
3	47	63	150	5,4	7
4	40	53	200	4,6	6
5	35	47	250	4,1	5,3
7,5	28	38	300	3,7	4,8
10	24	32	400	3,1	4,1
15	19	26	500	2,8	3,6
20	16,5	22	600	2,5	3,2
25	14,5	19,5	800	2,1	2,8
30	13,0	17,5	1.000	1,9	2,4
40	11,5	15,0	1.500	1,5	1,95
50	10,0	13,0	2.000	1,3	1,65
60	9,0	12,0	2.500	1,1	1,45
80	7,7	10,0	3.000	1,05	1,05

Una vez establecidas todas las variables de la Ecuación 4, se obtienen los valores para las diferentes cámaras:

Tabla 2.13. PÉRDIDAS DE CARGA POR RENOVACIÓN DEL AIRE.

Cámara	ID	V (m3)	ρ (kg/m3)	N (renv./día)	Δh (kJ/kg)	Q_4 (kW)
Pescado	CP1	9,72	1,29	32	43	0,20
Carne/Pollo	CP2	36,72	1,29	17	43	0,39
Charcutería	CP3	44,01	1,28	14	40	0,37
Fruta	CP4	31,89	1,28	17	40	0,32
Obrador general	OB1	45,62	1,24	14	24	0,22
Pan congelado	CN1	8,93	1,42	26	73	0,28
Congelados	CN2	21,34	1,42	23	73	0,59

2.3.2.5. Cargas aportadas por las personas.

En este apartado se contempla el calor aportado por las personas que realizan algún tipo de trabajo de almacenamiento o manipulación de alimentos en el interior de las cámaras. Por esa razón este punto solo se tendrá en cuenta en las cámaras de tipo Obrador, en las cuales se realiza algún tipo de trabajo de manera intensa. Este valor se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q_5 = (q \cdot n \cdot t) / (24 \cdot 1.000) \quad (6)$$

Q - Carga (kW).

q - calor liberado por persona (W).

n - número de personas.

t - tiempo de permanencia en la cámara (horas/día).

Para estimar el calor emitido por una persona, se puede acudir a la siguiente tabla, en la cual se muestra como este calor aumenta a medida que disminuye la temperatura de la cámara:

Tabla 2.14. CALOR EMITIDO POR PERSONA. [4]

Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

Obteniendo así los siguientes resultados:

Tabla 2.15. PÉRDIDA DE CARGA POR INFLUENCIA DE LAS PERSONAS.

Cámara	ID	q (W)	n	t (horas/día)	Q ₅ (kW)
Pescado	CP1	-	-	-	-
Carne/Pollo	CP2	-	-	-	-
Charcutería	CP3	-	-	-	-
Fruta	CP4	-	-	-	-
Obrador general	OB1	210	2	5	0,09
Pan congelado	CN1	-	-	-	-
Congelados	CN2	-	-	-	-

2.3.2.6. Cargas aportadas por la iluminación.

La iluminación establecida en las cámaras frigoríficas en forma de luminarias aporta una cantidad de calor en las zonas en las que trabaja. La normativa establece que en función del tipo de zona a iluminar este calor aportado será diferente, siendo de 12 W/m² para zonas de almacenamiento de producto y de 27 W/m² para zonas en las que se realizan trabajos de manipulación de alimentos.

A partir de la siguiente expresión se pueden establecer los valores de calor aportados por la iluminación para las diferentes cámaras:

$$Q_6 = i \cdot S \cdot t / (24 \cdot 1.000) \quad (7)$$

Q - Carga (kW).

i - intensidad lumínica (W/m²).

S - Superficie de la cámara (m²).

t - Tiempo de funcionamiento de las luminarias (horas).

Se obtienen los siguientes resultados para las diferentes cámaras:

Tabla 2.16. PÉRDIDAS DE CARGA POR LA ILUMINACIÓN.

Cámara	ID	i (W/m2)	S (m2)	t (horas)	Q ₆ (kW)
Pescado	CP1	12	3,47	4	0,01
Carne/Pollo	CP2	12	13,12	4	0,03
Charcutería	CP3	12	15,72	4	0,03
Fruta	CP4	12	11,39	4	0,02
Obrador general	OB1	27	16,29	6	0,11
Pan congelado	CN1	12	3,19	4	0,01
Congelados	CN2	12	7,62	4	0,02

2.3.2.7. Carga aportada por la maquinaria.

Este calor es el producido por el empleo de máquinas en el interior de las cámaras, como puede ser el causado por los ventiladores de los evaporadores o máquinas empleadas en la manipulación de los productos almacenados.

Sin embargo estos valores de calor son muy difíciles de estimar antes de conocer las necesidades de frío de cada una de las cámaras, por lo que de forma aproximada se toma un calor aportado por estos equipos como resultado de la suma del calor aportado por la transmisión en paredes, suelos y techos, la renovación de aire y el producto almacenado, aplicando un factor multiplicador de entre un 5% y un 8%.

$$Q_7 = \% \cdot \Sigma Q \cdot t / 24 \quad (8)$$

Q - Carga (kW).

$\%$ - factor multiplicador (%).

t - Tiempo de funcionamiento de la maquinaria (horas).

Resultados:

Tabla 2.17. PÉRDIDAS DE CARGA POR LAS PERSONAS.

Cámara	ID	Q ₁ (kW)	Q ₂ (kW)	Q ₄ (kW)	%	t (horas)	Q ₇ (kW)
Pescado	CP1	0,20	0,72	0,20	8	12	0,04
Carne/Pollo	CP2	0,49	1,48	0,39	8	12	0,09
Charcutería	CP3	0,50	0,81	0,37	8	12	0,07
Fruta	CP4	0,40	1,80	0,32	8	12	0,10
Obrador general	OB1	0,39	1,02	0,22	8	12	0,07
Pan congelado	CN1	0,16	1,77	0,28	8	12	0,09
Congelados	CN2	0,27	2,14	0,59	8	12	0,12

2.3.2.8. Carga total.

Una vez calculadas todas las cargas, en la siguiente tabla se obtienen las cargas totales de cada cámara.

Tabla 2.18. PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES DE LAS CÁMARAS.

Cámara	ID	Q ₁ (kW)	Q ₂ (kW)	Q ₃ (kW)	Q ₄ (kW)	Q ₅ (kW)	Q ₆ (kW)	Q ₇ (kW)	Q _T (kW)
Pescado	CP1	0,20	0,72	-	0,20	-	0,01	0,04	1,17
Carne/Pollo	CP2	0,49	1,48	-	0,39	-	0,03	0,09	2,47
Charcutería	CP3	0,50	0,81	-	0,37	-	0,03	0,07	1,78
Fruta	CP4	0,40	1,80	0,13	0,32	-	0,02	0,10	2,78
Obrador general	OB1	0,39	1,02	-	0,22	0,09	0,11	0,07	1,89
Pan congelado	CN1	0,16	1,77	-	0,28	-	0,01	0,09	2,30
Congelados	CN2	0,27	2,14	-	0,59	-	0,02	0,12	3,13

Sin embargo han de tenerse en cuenta un factor importante sobre los resultados obtenidos; se ha considerado un margen de reserva del 15% para asegurarnos que las potencias obtenidas no se quedan pequeñas y así evitar problemas en un futuro, como puede ser la falta de refrigeración.

Aplicando este factor obtenemos las nuevas cargas frigoríficas totales:

Tabla 2.19. NECESIDADES FRIGORÍFICAS TOTALES.

Cámara	ID	Q _T (kW)	Margen (15%)	Q _{Total} (kW)
Pescado	CP1	1,17	+ 0,18	1,35
Carne/Pollo	CP2	2,47	+ 0,37	2,86
Charcutería	CP3	1,78	+ 0,27	2,05
Fruta	CP4	2,78	+ 0,42	3,20
Obrador general	OB1	1,89	+ 0,28	2,17
Pan congelado	CN1	2,30	+ 0,35	2,65
Congelados	CN2	3,13	+ 0,47	3,60

2.3.3. Mobiliario de la instalación.

A parte de las cámaras frigoríficas, una instalación comercial posee mobiliario frigorífico encargado de mostrar el producto al consumidor, equipos que son seleccionados por el cliente en función de las necesidades de la instalación. Por otro lado, al igual que las cámaras frigoríficas, demandan una cantidad de frío el cual se obtiene acudiendo a los catálogos de los distintos fabricantes.

Dentro de estos equipos podemos encontrar:

- Murales de frescos y congelados.
- Semimurales de frescos y congelados.
- Vitrinas de venta asistida o libre servicio.
- Islas de frescos o congelados.
- Retromurales.
- Pilas de pescado.

A continuación se presenta el mobiliario existente en la instalación y sus necesidades frigoríficas:

Tabla 2.20. MOBILIARIO DE LA INSTALACIÓN.

Mobiliario	Metros lineales (m)	Necesidades frigoríficas (kW)
Murales de frescos	31,50	21,15
Vitrinas de venta asistida	12,50	4,80
Pila de pescado	6,00	3,5
Vitrinas de libre servicio	3,75	2,00
Islas de congelados	8,14	3,14
Murales de congelados	5,00	3,00
	TOTAL	37,59

2.3.4. Necesidades frigoríficas totales de la instalación.

Una vez obtenidas las necesidades frigoríficas tanto de cámaras como de mobiliario, se pueden obtener las necesidades totales de la instalación. Para ella se van a dividir tanto cámaras como mobiliario en servicios de frescos y servicios de congelados y obtener así las necesidades de cada uno lo emplearemos en el siguiente apartado para el dimensionamiento de los equipos.

- Servicios de frescos.

Tabla 2.21. NECESIDADES FRIGORÍFICAS DE LOS SERVICIOS DE FRESCOS.

Servicios de frescos	Necesidades frigoríficas (kW)
Cámara de Pescado	1,35
Cámara Carne/Pollo	2,86
Cámara de Charcutería	2,05
Cámara de Fruta	3,20
Obrador general	2,17
Murales de frescos	21,15
Vitrinas de venta asistida	4,80
Pila de pescado	3,5
Vitrinas de libre servicio	2,00

Total necesidades frigoríficas de servicios de frescos: 43,08 kW.

- Servicios de congelados.

Tabla 2.22. NECESIDADES FRIGORÍFICAS DE LOS SERVICIOS DE CONGELADOS.

Servicios de congelados	Necesidades frigoríficas (kW)
Pan congelado	2,65
Congelados	3,60
Islas de congelados	3,14
Murales de congelados	3,00

Total necesidades frigoríficas de servicios de congelados: 12,39 kW.

Total necesidades frigoríficas de la instalación: 55,47 kW.

3. SELECCIÓN DE EQUIPOS

3.1. Descripción de la instalación.

3.1.1. Instalación estándar de Freón.

Esta instalación presenta las siguientes características:

- Se trata de una instalación refrigerada convencional con ciclo de refrigeración por compresión en la que se emplea como refrigerante el R-449a.
- Para esta instalación se van a emplear dos circuitos de refrigeración independientes; uno para los servicios de positiva o frescos y otro para los servicios de negativa o de congelados.
- Cada uno de estos circuitos estará equipado con una central multicompresora, un condensador y un evaporador por cámara, es decir, en total se tendrán dos centrales multicompresora, dos condensadores y siete evaporadores de cámaras.

A continuación se presentan los esquemas de la instalación:

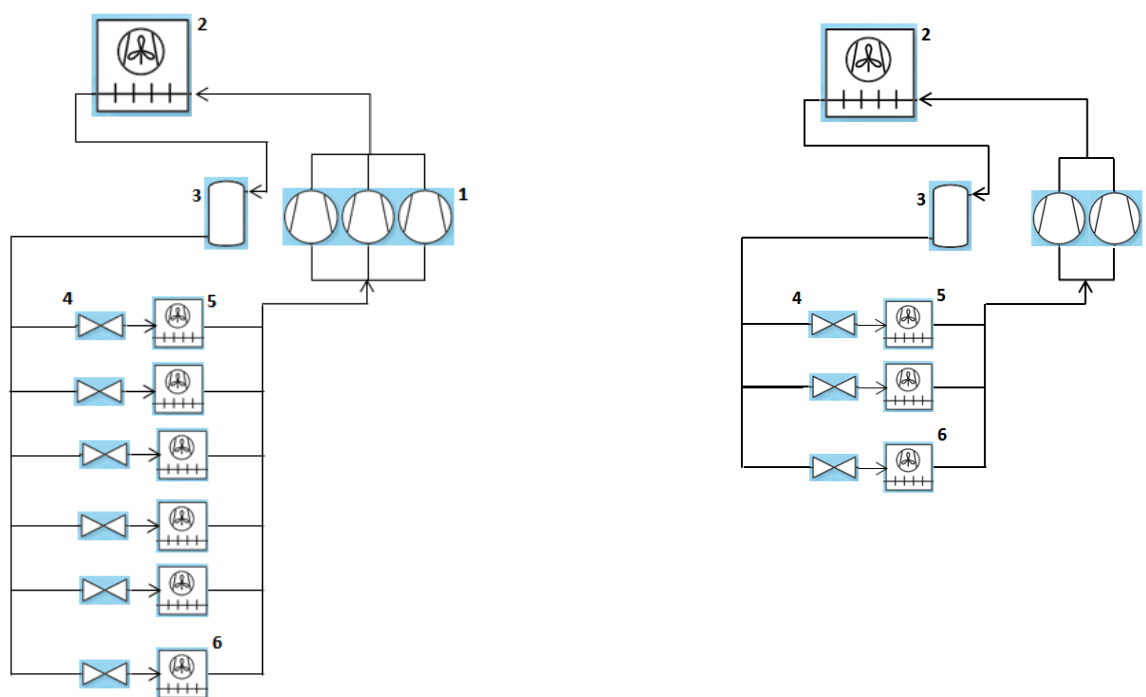


Fig. 3.1. ESQUEMA INSTALACIÓN DE FRESCOS Y CONGELADOS.

Tabla 3.1. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE FREÓN.

Número	Equipo	Circuito	Unidades
1	Central multicompresora	Frescos	Tres compresores
		Congelados	Dos compresores
2	Condensador	Frescos y congelados	Un condensador por circuito
3	Depósito de líquido	Frescos y congelados	Un depósito por circuito
4	Válvulas de expansión	Frescos y congelados	Una por servicio (cámara y mueble)
5	Evaporadores de cámaras	Frescos	Uno por cámara. Cinco en total.
		Congelados	Uno por cámara. Dos en total.
6	Evaporadores mobiliario.	Frescos y congelados	Tantos como número de muebles

3.1.2. Instalación Transcrítica con CO₂.

Características de la instalación:

- Es una instalación transcrítica con ciclo de refrigeración por doble compresión en la que se emplea como refrigerante el CO₂ (R744).
- Para esta instalación se va a emplear una central multicompresora, un condensador y un evaporador por cámara (para los evaporadores del mobiliario mismo caso que en la instalación estándar). Sera un único circuito frigorífico que dará servicio tanto a los servicios de frescos como de congelados.

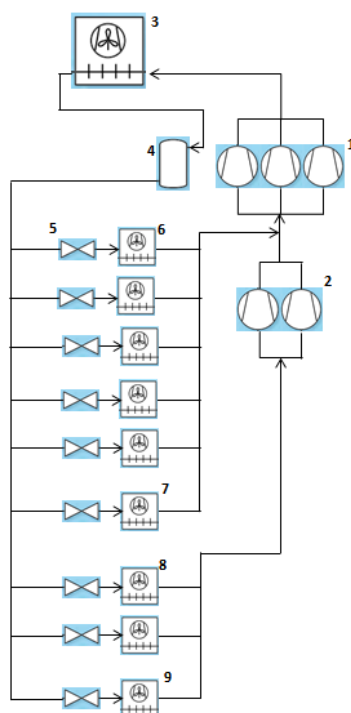


Fig. 3.2. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Tabla 3.2. EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Número	Equipo	Circuito	Unidades
1	Central multicompresora	Frescos	Tres compresores
2	Central multicompresora	Congelados	Dos compresores
3	Condensador	Frescos y congelados	Un condensador
4	Depósito de líquido	Frescos y congelados	Un depósito
5	Válvulas de expansión	Frescos y congelados	Una por servicio (cámara y mueble)
6	Evaporadores de cámaras	Frescos	Uno por cámara. Cinco en total.
8	Evaporadores de cámaras	Congelados	Uno por cámara. Dos en total.
7 y 9	Evaporadores mobiliario.	Frescos y congelados	Tantos como número de muebles

3.2. Selección de equipos.

3.2.1. Consideraciones previas.

En este apartado se va a realizar la selección de equipos de las diferentes instalaciones. Pero antes de llevar a cabo esta labor, se han de tener en cuenta algunas consideraciones en relación a los parámetros que se han de conocer previamente:

- Temperatura ambiente:

Para realizar el cálculo de los equipos se ha de tomar como temperatura ambiente la más desfavorable, es decir, la máxima temperatura que se puede dar en el lugar donde se ubica nuestra instalación. Esto nos asegura un correcto funcionamiento de la instalación en cualquier situación ambiental. Como se indicó al principio de este trabajo esa temperatura será de 40,5°C.

- Temperatura de condensación:

La temperatura de condensación, es la temperatura a la cual un fluido cambia de fase gaseosa a líquida. Para establecer este valor, se ha de tener en cuenta el salto térmico o dT , que no es más que la diferencia de temperatura entre el ambiente y la temperatura de condensación. Cuanto más bajo sea este valor mayor superficie debería tener el equipo, pero es cierto que reduciéndolo en gran medida, haría que la instalación fuese mucho más eficiente, ya que reduciríamos la relación de compresión de los compresores y por tanto sus dimensiones, pero por el contrario el equipo tendría unas dimensiones muy grandes, apareciendo inconvenientes como son el espacio que ocupa o el precio de adquisición del mismo.

Por lo tanto, para condensadores de circuitos de refrigeración estándar se establece un dT de 7 u 8°C, mientras que para los circuitos transcíticos de CO₂ se establecerá un valor de 2°C.

- Temperatura de evaporación:

La temperatura de evaporación, es la temperatura a la cual un fluido cambia de estado líquido a gaseoso. Al igual que la temperatura de condensación, para establecer este valor se ha de tener en cuenta el salto térmico (dT), que en este caso representa la diferencia de temperatura entre la temperatura interna de una zona refrigerada y la temperatura de evaporación. Este valor de dT será de unos 7 u 8°C; término medio entre eficiencia e inversión inicial.

3.2.2. Instalación estándar de Freón.

3.2.2.1. Selección de compresores.

Los compresores seleccionados para esta instalación pertenecen a la empresa Bitzer [5], que mediante su software informático nos permite seleccionar los equipos en función de nuestras necesidades.

Para llevar a cabo esta selección el programa nos pedirá distintos datos, como son el tipo de compresor, en este caso de pistón semihermético, el tipo de refrigerante y los siguientes parámetros:

- Temperatura de evaporación.
- Temperatura de condensación.
- Potencia frigorífica requerida.

Dando como resultado los siguientes compresores:

Tabla 3.3. COMPRESORES DE LA CENTRAL DE POSITIVA.

Modelo	Unidades	Potencia frigorífica (kW)	Potencia eléctrica absorbida (kW)	Potencia de condensación (kW)	COP
4EES-6Y	1	10,65	4,90	15,85	2,23
4CES-6Y	1	15,95	7,13	23,1	2,24
4CES-6Y	1	15,95	7,13	23,1	2,24
Total	3	42,55	19,16	62,05	2,22

Tabla 3.4. COMPRESORES DE LA CENTRAL DE NEGATIVA.

Modelo	Unidades	Potencia frigorífica (kW)	Potencia eléctrica absorbida (kW)	Potencia de condensación (kW)	COP
4PES-15Y	1	5,64	4,21	9,84	1,34
4NES-14Y	1	7,36	5,31	12,68	1,39
Total	2	13	9,52	22,52	1,36

Aquí podemos ver a modo de ejemplo la pantalla de resultados obtenida del programa:

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4NES-14Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-32,00 °C
Temp. de condensación	47,6 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	0 K
Temperatura de gas aspirado	20,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%

Resultado

Compresor	4NES-14Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	7,36 kW
Potencia frigorífica *	7,36 kW
Potencia en el evap.	7,36 kW
Potencia absorbida	5,31 kW
Corriente (400V)	10,84 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	12,68 kW
COP/EER	1,39
COP/EER *	1,39
Caudal másico	168,0 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	--

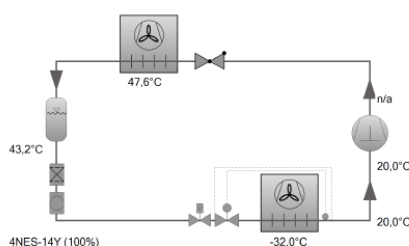


Fig. 3.3.PANTALLA DEL SOFTWARE DE BITZER DE SELECCIÓN DE COMPRESORES.

En el *Anexo [D]* se podrán ver los resultados obtenidos de todos los compresores.

3.2.2.2. Selección de los condensadores.

Para realizar el cálculo del condensador se parte de la potencia de condensación obtenida tras la elección de los compresores de las centrales. Esta potencia es la suma de la potencia frigorífica requerida por los servicios de positiva o negativa más el consumo de potencia de la central multicompresora respectivamente.

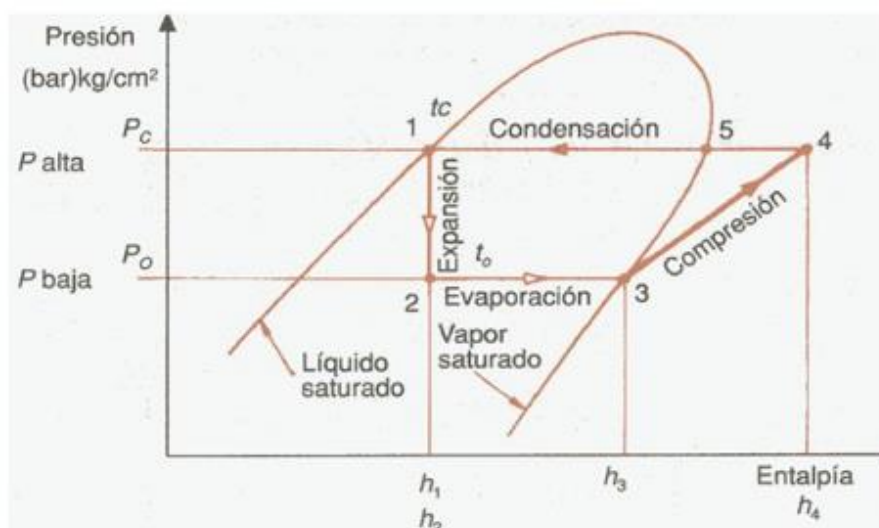


Fig. 3.4. DIAGRAMA P-H DE SELECCIÓN DEL CONDENSADOR.

Como puede verse en el gráfico anterior, la potencia de condensación sería la que engloba el tramo que hay entre los puntos 1 y 4, que equivale a la suma de los tramos 2 a 3 más 3 a 4.

Los condensadores elegidos serán propiedad de Profroid [6], importante empresa internacional de gran prestigio dentro del campo de la refrigeración. Se seleccionarán acudiendo a los catálogos de equipos que posee esta marca en función de nuestras necesidades.

Los parámetros a tener en cuenta son los siguientes:

- Temperatura de condensación.
- Potencia de condensación obtenida de la selección de los compresores.
- Presión sonora, menor a 40 dB (a 10 metros) al estar la instalación ubicada en zona urbana (Según normativa).
- Dimensiones. El equipo se colocará en la azotea del edificio, por lo que no hay problemas de espacio.

Los equipos seleccionados son:

Tabla 3.5. SELECCIÓN DE CONDENSADORES DE LA INSTALACIÓN ESTANDAR DE FRÓN.

Modelo	Unidades	Modelo	Potencia de condensación (kW)	Consumo eléctrico (kW)	dB (a 10 m)
Condensador de frescos	1	AL91 4MDE V6	65,20	0,72	33
Condensador de congelados	1	AL91 2MSC V6	24,7	0,36	30

3.2.2.3. Selección de evaporadores de las cámaras.

Los evaporadores de las cámaras serán de la empresa estadounidense Modine [7], y de su catálogo de equipos ECO. Mediante su programa interactivo de selección de equipos elegiremos los que más se adecuen a nuestras necesidades.

El programa nos pedirá que seleccionemos el tipo de refrigerante, R-449a en este caso, y otros datos que se muestran a continuación:

- Necesidades frigoríficas de cada cámara.
- Temperatura de la cámara.
- Temperatura de evaporación.
- Tipo de evaporador (cúbico, de doble flujo, de cuña...).
- Tipo de desescarche; por aire o eléctrico.

Y los requisitos que debemos tener cuenta una vez que el programa nos muestre las diferentes propuestas:

- Evaporadores con entre dos y cuatro ventiladores.
- La flecha de aire o distancia que alcanza el flujo de aire.
- La distancia entre aletas, que deberá ser mayor cuando más baja sea la temperatura de la cámara.
- Las dimensiones del equipo que deberá ser menor que el ancho de la cámara.

Equipos seleccionados:

Tabla 3.6. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE LA INSTALACIÓN DE POSITIVA.

Evaporadores de frescos	Modelo	Tipo	Potencia frigorífica (kW)	Nº ventiladores	Consumo eléctrico
Cámara Pescado	MIC 161 ED	Plafón	1,83	2	0,11
Cámara Carne/Pollo	MIC 301 ED	Plafón	3,17	3	0,16
Cámara Charcutería	GCE 252G8	Cúbico	2,58	2	0,19
Cámara Fruta	GCE 252E8	Cúbico	3,23	2	0,19
Obrador general	MIC 201	Cúbico	2,40	2	0,11

Tabla 3.7. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE LA INSTALACIÓN DE NEGATIVA.

Evaporadores de congelados	Modelo	Tipo	Potencia frigorífica (kW)	Nº ventiladores	Consumo eléctrico
Cámara Pan congelado	GCE 252E8 ED	Cúbico	2,62	2	0,19
Cámara Congelados	GCE 253E8 ED	Cúbico	3,91	3	0,29

3.2.3. Instalación transcrítica de CO₂.

3.2.3.1. Selección de compresores.

Como se ha comentado anteriormente se trata de un sistema de un único circuito de refrigeración en el que la central multicompresora consta de una única bancada equipada con los compresores de positiva y negativa:

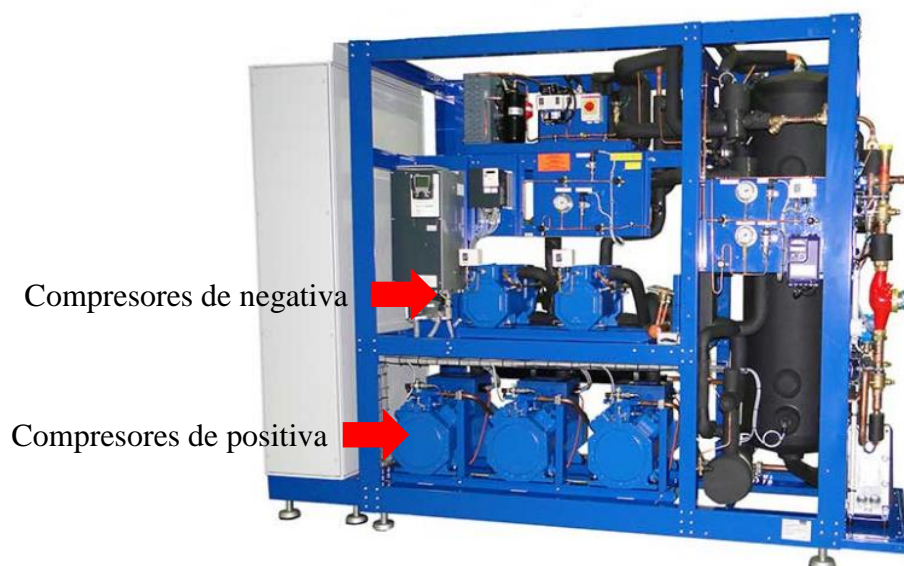


Fig. 3.5. EJEMPLO DE CENTRAL MULTICOMPRESORA PARA LA INTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Para la selección de estos compresores también se ha elegido a la empresa Bitzer.

En primer lugar se van a seleccionar los compresores de negativa, para los cuales contamos con los siguientes requisitos:

- El tipo de compresores (semihermético).
- El refrigerante (R744).
- Temperatura de evaporación.
- Temperatura de condensación.
- Potencia frigorífica requerida.

Dando como resultados los siguientes modelos:

Tabla 3.8. SELECCIÓN DE COMPRESORES DE NEGATIVA DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Modelo	Unidades	Potencia frigorífica (kW)	Potencia eléctrica absorbida (kW)	Potencia de condensación (kW)	COP
2KSL-1K	1	5,45	1,06	6,52	5,13
2JSL-2K	1	6,94	1,40	8,34	4,95
Total	2	12,39	2,46	14,86	5,04

Para seleccionar los compresores de positiva se deben tener los mismos requisitos que para los compresores de negativa salvo porque debido al tipo de ciclo que utiliza esta central, en la que el refrigerante que sale de los compresores de negativa se junta con el refrigerante que succionan los compresores de positivase, la potencia total será la suma de la condensación de los compresores de negativa más las necesidades frigoríficas de los servicios de positiva.

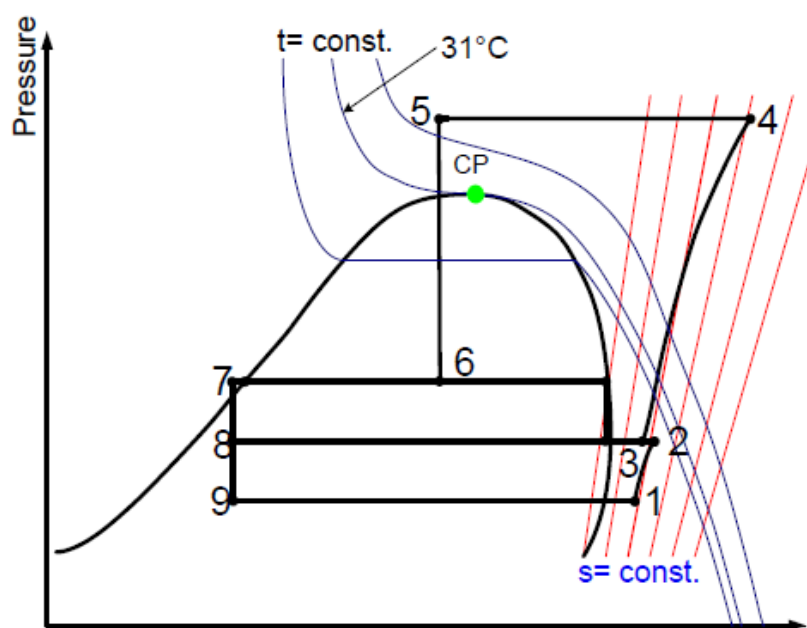


Fig. 3.6. DIAGRAMA P-H DE UNA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Por tanto la potencia total requerida será de **57,94 kW**.

El programa de selección Bitzer nos ofrece los siguientes resultados:

Tabla 3.9. SELECCIÓN DE COMPRESORES DE POSITIVA DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Modelo	Unidades	Potencia frigorífica (kW)	Potencia eléctrica absorbida (kW)	Potencia de condensación (kW)	COP
4MTC-10K	1	10,39	8,61	19,00	1,21
4HTC-15K	1	19,65	15,15	34,8	1,30
4HTC-15K	1	19,65	15,15	34,8	1,30
Total	2	49,69	38,91	88,6	1,28

3.2.3.2. Selección del condensador.

El condensador, al igual que los seleccionados en el sistema estándar, pertenece a la empresa Profroid y a su catálogo de condensadores o en el caso de ser usados para CO₂, también llamados *GasCooler*.

Para el cálculo del condensador se tendrá en cuenta la potencia de condensación total obtenida de los compresores de positiva y deberemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Temperatura de condensación.
- Potencia de condensación obtenida de la selección de los compresores de positiva.
- Presión sonora, menor a 40 dB (a 10 metros) al estar la instalación ubicada en zona urbana (Según normativa).
- Dimensiones. El equipo se colocará en la azotea del edificio, por lo que no hay problemas de espacio.

Con todo ello, el modelo seleccionado será el siguiente:

Tabla 3.10. SELECCIÓN DEL CONDENSADOR DE LA INSTALACIÓN TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Modelo	Unidades	Potencia de condensación (kW)	Consumo eléctrico (kW)	dB (a 10 m)
GASCO.AL91 CO2 3MSC EC M2 SV	1	24,7	0,36	30



Fig. 3.7. CATÁLOGO DE SELECCIÓN DE CONDENSADORES PROFROID.

3.2.3.3. Selección de evaporadores.

Al igual que para la selección de los evaporadores del sistema de refrigeración estándar vistos anteriormente, estos también pertenecen a la empresa Modine de su gama ECO.

El proceso y requisitos de selección son los mismos salvo porque, obviamente, en este caso el refrigerante empleado será el R744. Se tomarán los datos de necesidades frigoríficas de las cámaras para realizar la selección de los equipos:

Tabla 3.11. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE FRESCOS DE LA INSTALACIÓN
TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Evaporadores de frescos	Modelo	Tipo	Potencia frigorífica (kW)	Nº ventiladores	Consumo eléctrico (kW)
Cámara Pescado	CDD 22A49 ED	Plafón	1,51	2	0,11
Cámara Carne/Pollo	CDD 24A49 ED	Plafón	3,02	4	0,21
Cámara Charcutería	CGC 252G6	Cúbico	2,36	2	0,19
Cámara Fruta	CGC 252E4	Cúbico	3,46	2	0,19
Obrador general	CDD 23A49	Plafón	2,61	3	0,16

Tabla 3.12. SELECCIÓN DE EVAPORADORES DE CONGELADOS DE LA INSTALACIÓN
TRANSCRÍTICA DE CO₂.

Evaporadores de congelados	Modelo	Tipo	Potencia frigorífica (kW)	Nº ventiladores	Consumo eléctrico (kW)
Cámara Pan congelado	CGC 253G8 ED	Cúbico	2,80	3	0,29
Cámara Congelados	CGC 253E8 ED	Cúbico	3,58	3	0,29

3.2.3.4. Selección del subenfriador.

El uso de un elemento subenfriador o también llamado en la industria como *Subcooler*, no deja de ser una variación del sistema transcrítico de CO₂.

Para seleccionar un equipo de estas características, se acudirá al catálogo de la empresa Carrier [8], de su gama de productos AquaSnap, y seleccionaremos el equipo que mejor se adapta a las exigencias de la instalación. Este equipo debe tener una potencia frigorífica de entre un 30 y 40% de la potencia de condensación del condensador.

El equipo elegido es el siguiente:



30RB-026CHE----- Refrigerador Scroll enfriado por aire

Modo refrigeración

Información de funcionamiento

Potencia frigorífica: 36,8 kW
 Eficiencia de refrigeración (EER): 3,69 kW/kW
 Eficiencia Estacional (ESEER): 3,41 kW/kW
 Entrada de alimentación de la unidad: 9,95 kW

Información del evaporador

Tipo de fluido: Etilglicol
 Concentración de salmuera: 20,0 %
 Factor de ensuciamiento: 0,0000 (sqm-K)/kW
 Temperatura de salida: 18,0 °C
 Temperatura de entrada: 23,0 °C

Información del módulo hidráulico del evaporador

Presión estática externa a 20 °C: 63,4 kPa
 Entrada de alimentación de la bomba: 1,20 kW
 Caudal del fluido: 1,87 l/s

Información del condensador

Altitud: 0 m
 Número de ventiladores: 1
 Temperatura de aire de entrada: 36,0 °C

Información acústica (modo refrigeración)

Nivel de potencia sonora (LWA): 78 dB(A)
 Nivel de presión sonora a 10,0m (LpA): 36, dB(A)

Información de la unidad

Factoría: European Union
 Refrigerante: R-410A
 Etapas de control de capacidad: 1
 Capacidad mínima: 100,0 %
 Cantidad de refrigerante por circuito: 1
 Peso de operación/de envío: 255/260 kg
 Dimensiones de la unidad (Largo x Ancho x Altura): 1002/824/1790 mm

Información eléctrica

Tensión de la unidad: 400(+/-15%)-3-50 V-Ph-Hz
 Consumo en StandBy: 0,07 kW
 Factor de potencia: 0,77

Amperios (Un)	Eléctrico Circuito 1	Eléctrico Circuito 2
Corriente nominal en (A):	26,0	None
corriente de arranque (A)	120,7	None
Corriente en condiciones de Eurovent (A)	19,0	None

Fig. 3.8. SELECCIÓN DEL SUBENFRIADOR.

Del cual obtenemos una potencia frigorífica de subenfriamiento de 36,8 kW y un consumo eléctrico de 9,95 kW.

4. RESULTADOS ANUALES

4.1. Procedimiento de cálculo.

En el presente capítulo se van a mostrar los resultados anuales de consumo eléctrico de los distintos sistemas de refrigeración estudiados, pero antes de ello es necesario desarrollar el método de cálculo utilizado para obtener ese consumo. Durante el desarrollo de este apartado se va explicar paso a paso y a modo de ejemplo el procedimiento de cálculo empleado.

Para comenzar a desarrollar el procedimiento de cálculo hemos de establecer el periodo de tiempo sobre el cual realizaremos el estudio de consumo. Este periodo comprende un año completo, del cual se han obtenido las temperaturas diarias de la ubicación en la que se sitúa la instalación, con ayuda de la base de datos disponible en el AEMET [9]:

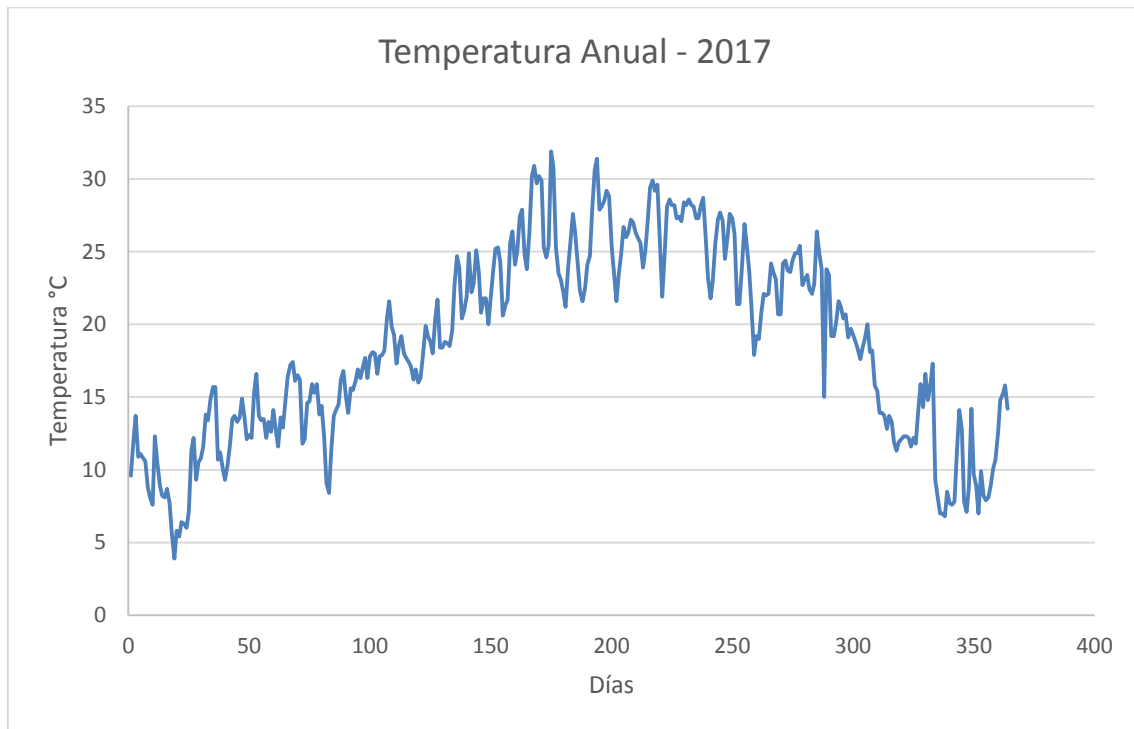


Fig. 4.1. GRÁFICO DE TEMPERATURAS ANUALES.

En la gráfica anterior se aprecia la evolución de la temperatura media diaria del año estudiado.

Llegados a este punto, se quiere saber cuánto consumirá la instalación a las diferentes temperaturas obtenidas, sin embargo, este trabajo podría resultar muy tedioso, por lo que se ha decidido proceder de la siguiente manera.

En primer lugar, se han elegido una serie de temperaturas ambiente tipo, dentro de los valores máximos y mínimos de temperatura anual. Con estos valores, y acudiendo a los programas de dimensionado de los diferentes equipos seleccionados, vistos en el capítulo anterior, se han obtenido los valores de potencia frigorífica y COP de la instalación:

Tabla 4.1. TABLA DE DATOS PARA EL AJUSTE POLINÓMICO.

T^a ambiente (°C)	Q (kW)	COP
4,0	116,36	6,26
6,0	112,00	5,64
8,0	107,52	5,09
10,0	102,92	4,59
12,0	98,44	4,16
14,0	93,66	3,75
16,0	88,85	3,39
18,0	83,57	3,04
20,0	77,96	2,72
22,0	71,30	2,38
24,0	69,60	2,15
26,0	69,60	2,15
28,0	67,75	2,04
30,0	66,10	1,94
32,0	64,47	1,85

Una vez se han obtenido estos resultados, se necesitan conocer estos mismos valores para cada una de las temperaturas recogidas en la gráfica anterior. Para ello se realizará un ajuste polinómico mediante el cual se obtendrá la expresión que se utilizará para hallar el resto de valores anuales buscados:

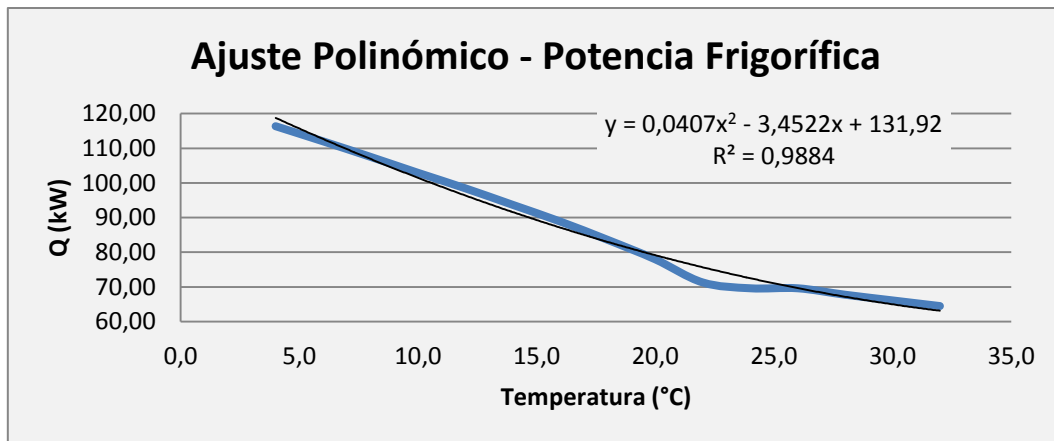


Fig. 4.2. AJUSTE POLINÓMICO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA.

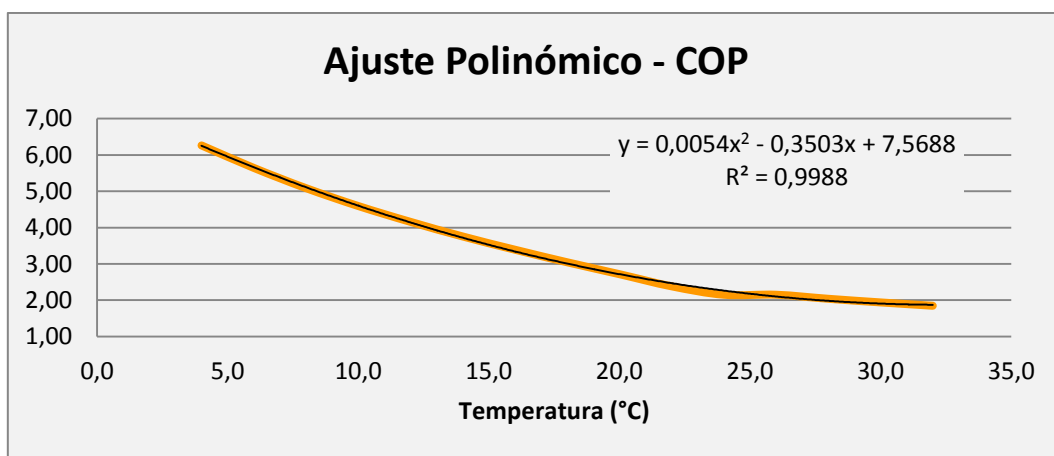


Fig. 4.3. AJUSTE POLINÓMICO DEL COP.

Una vez obtenidas las expresiones, se puede obtener la gráfica con los resultados de sustituir los diferentes valores de temperatura anuales y obtener los datos de potencia frigorífica en primer lugar:

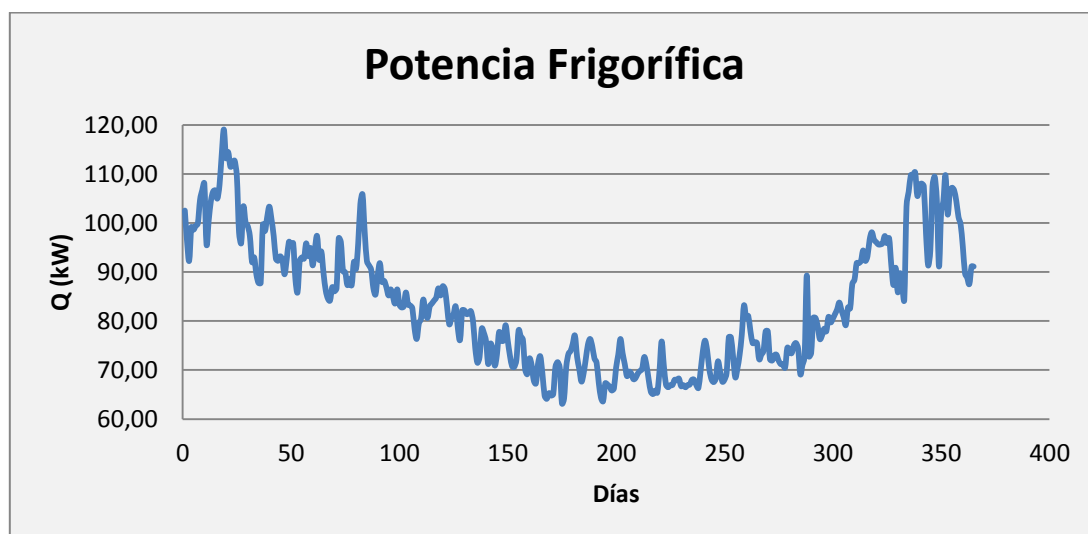


Fig. 4.4. POTENCIA FRIGORÍFICA ANUAL.

Si se compara esta gráfica con la obtenida de temperaturas anuales, se puede observar como a medida que la temperatura aumenta, la producción de potencia frigorífica disminuye, y viceversa. Esto se produce ya que a menor temperatura ambiente la presión a esa temperatura o lo que es lo mismo, la presión de condensación, disminuye y, como la presión a la temperatura de evaporación se mantiene constante durante todo el año, la diferencia de presiones entre estas se reduce, y por tanto el trabajo del compresor será menor. Al contrario ocurriría al aumentar la temperatura ambiente; el compresor debería realizar un trabajo mayor. Esto se puede observar en la siguiente gráfica presión-entalpía:

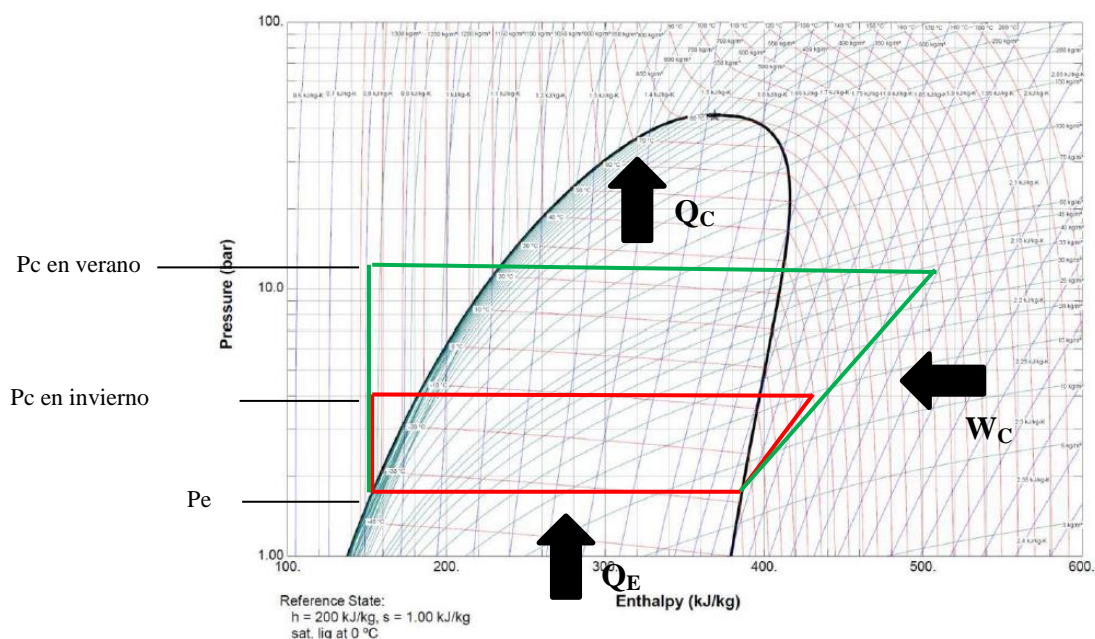


Fig. 4.5. DIAGRAMA P-H DE PRESIONES.

Para comprender mejor la imagen anterior se va a acudir a la expresión que define el COP o Coeficiente de operación térmico del ciclo:

$$COP_{CICLO} = \frac{Q_E}{W_C} = \frac{Q_C}{W_C} - 1 \quad (9)$$

Q_E - Potencia frigorífica de evaporación (kW).

W_C - Potencia suministrada al compresor (kW).

Q_C - Potencia frigorífica de condensación (kW).

El COP mide la eficiencia de la instalación y si observamos el gráfico anterior, teniendo una potencia frigorífica de evaporación constante, a menor potencia suministrada al compresor, el COP será mayor y viceversa.

Una vez definido el concepto del COP, se puede ver su gráfica de evolución anual, a partir de la sustitución de las temperaturas del año estudiado en la expresión correspondiente a su ajuste polinómico:

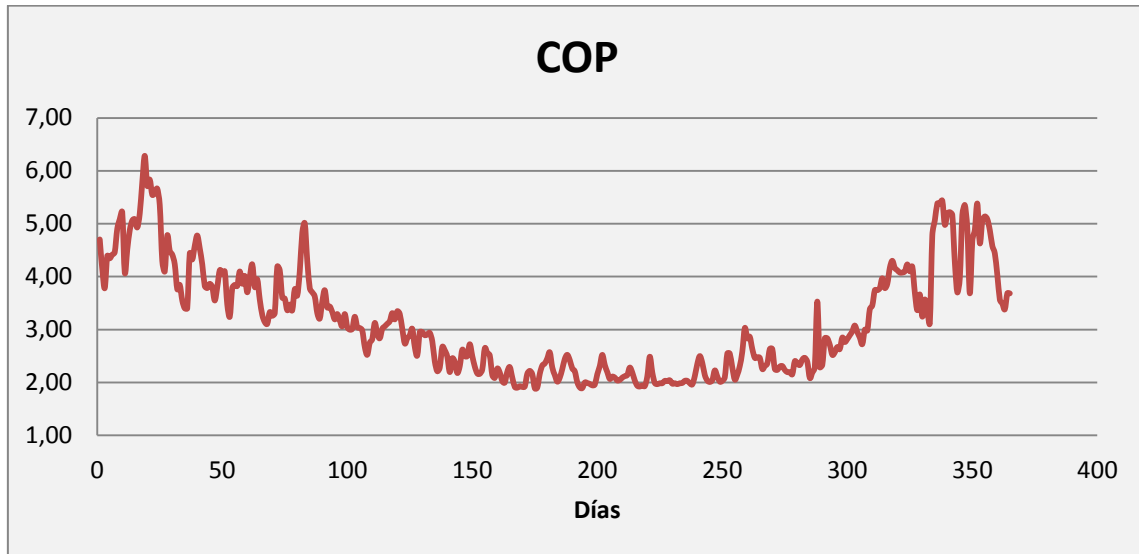


Fig. 4.6. GRÁFICO DEL COP ANUAL.

Una vez conocidos los valores de la potencia frigorífica de la instalación y su COP, se puede obtener el consumo eléctrico (W_C) de la misma a partir de la *Ecuación 9*.

En la siguiente gráfica observamos el consumo eléctrico de la instalación:

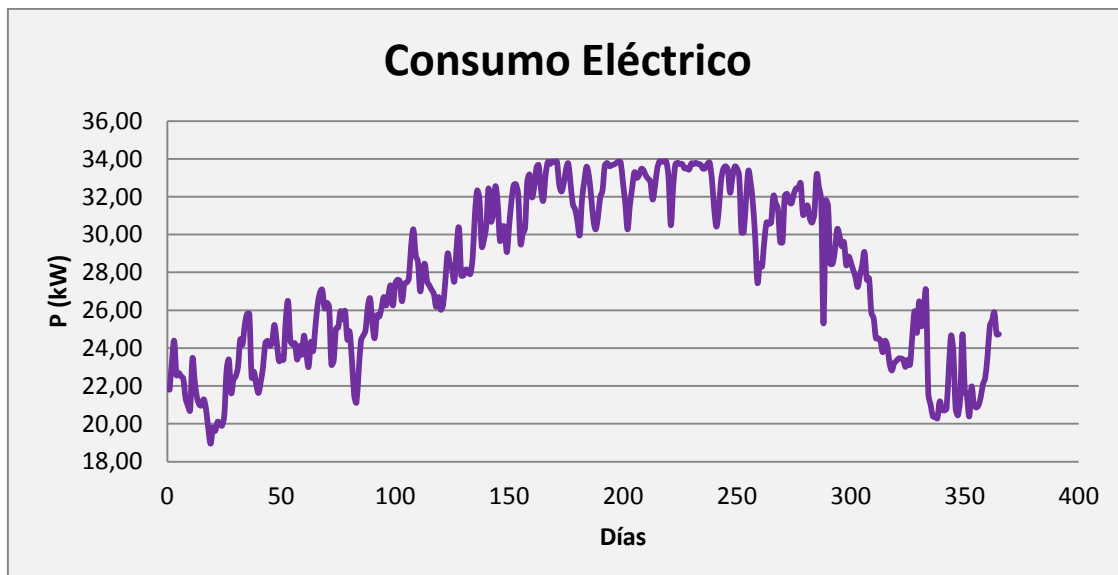


Fig. 4.7. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL.

Se observa en este gráfico como el consumo eléctrico aumenta al disminuir la potencia frigorífica generada. Este hecho coincide con los meses de mayor temperatura, en los cuales el trabajo que debe realizar la instalación es mayor. En los meses de ambiente más fresco se produce el efecto contrario.

Sin embargo este consumo eléctrico obtenido corresponde a un porcentaje de funcionamiento de la instalación del 100%, lo que en la práctica es inviable, ya que esta debe adecuar su funcionamiento a cada una de las condiciones existentes.

Se conocen las necesidades frigoríficas de la instalación, las cuales son constantes durante todo el año, por lo que se va a relacionar esta potencia frigorífica necesaria con la producida por la instalación funcionando a pleno rendimiento:

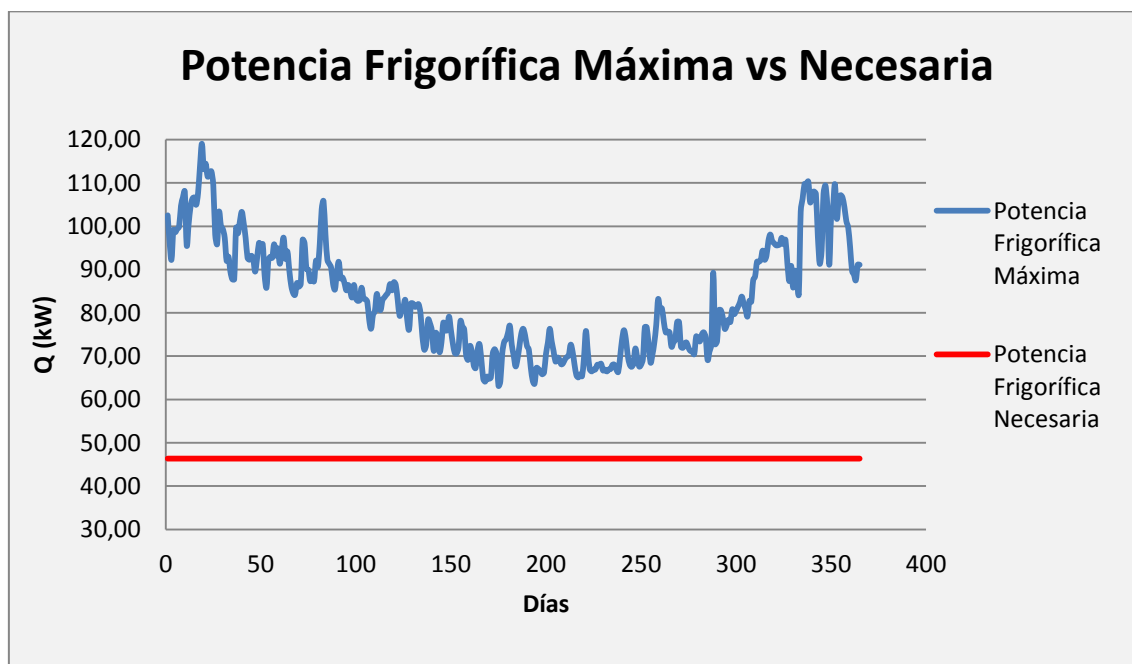


Fig. 4.8. GRÁFICO COMPARATIVO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA MÁXIMA Y LA REAL.

Como se puede ver en el gráfico anterior, la producción de potencia frigorífica es muy superior a la necesaria durante todo el año. Esto obliga a establecer un porcentaje de funcionamiento o factor de utilización que se puede definir a partir de la siguiente expresión:

$$\%_f = \frac{Q_n}{Q_{m\acute{a}x}} \quad (10)$$

Q_n - Potencia frigorífica de la instalación (kW).

$Q_{m\acute{a}x}$ - Potencia frigorífica máxima obtenida (kW).

Este factor de utilización representa el porcentaje de funcionamiento de la instalación en función de las condiciones ambientales dadas, por lo que si se aplica a los valores de consumo eléctrico obtenidos anteriormente se obtendrá el consumo eléctrico real de la instalación:

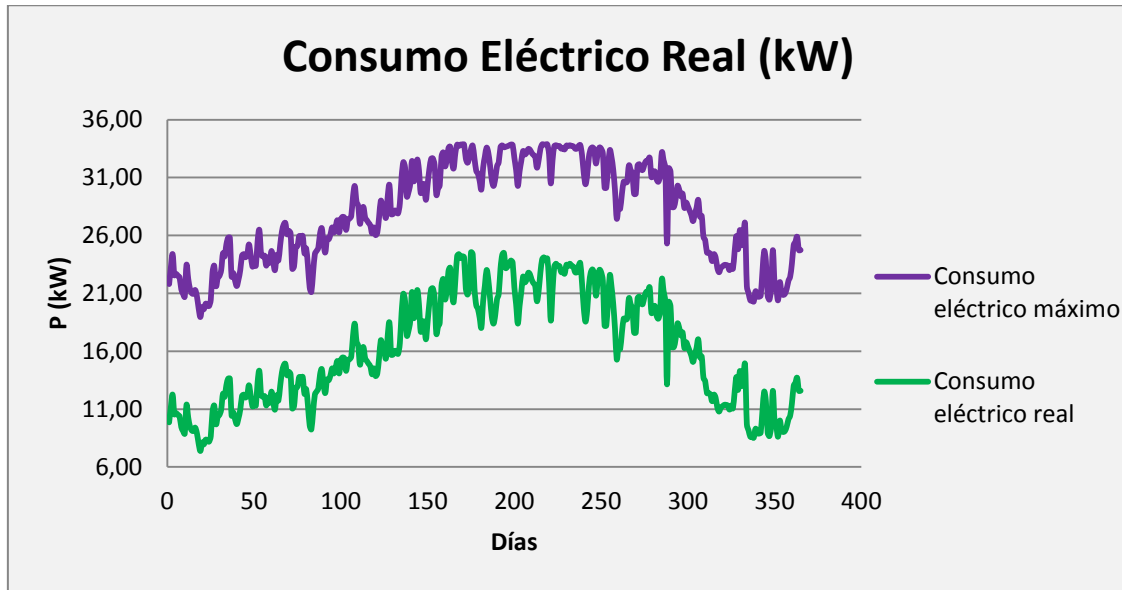


Fig. 4.9. GRAFICO COMPARATIVO DEL CONSUMO ELÉCTRICO MÁXIMO Y REAL.

Se puede observar como el consumo real de la instalación se ha visto reducido en gran medida en comparación con el consumo máximo, tras aplicar los factores de utilización correspondientes.

Una vez explicado el procedimiento de cálculo del consumo eléctrico de una instalación frigorífica, se va a proceder a realizar este cálculo en las instalaciones vistas en el presente trabajo.

4.2. Consumo eléctrico de la instalación estándar de freón.

A continuación se presentan los gráficos con los resultados de consumo eléctrico de la instalación estándar de freón:

- Instalación de negativa.

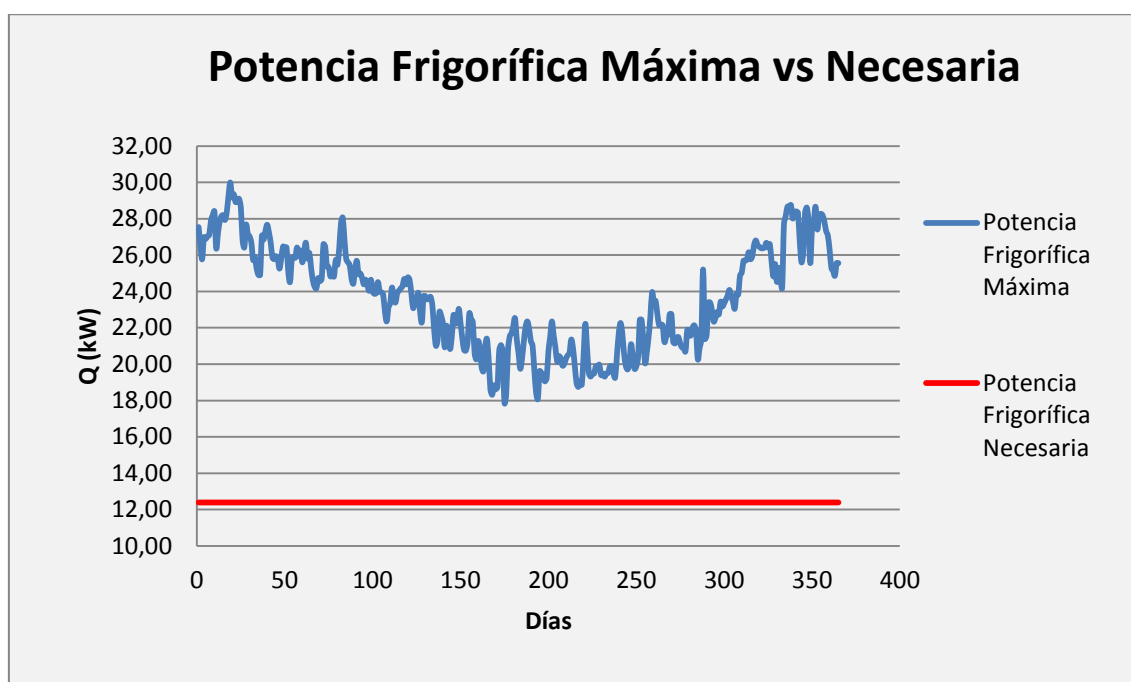


Fig. 4.10. GRÁFICO DE LA POTENCIA ANUAL DE LA CENTRAL ESTÁNDAR DE NEGATIVA.

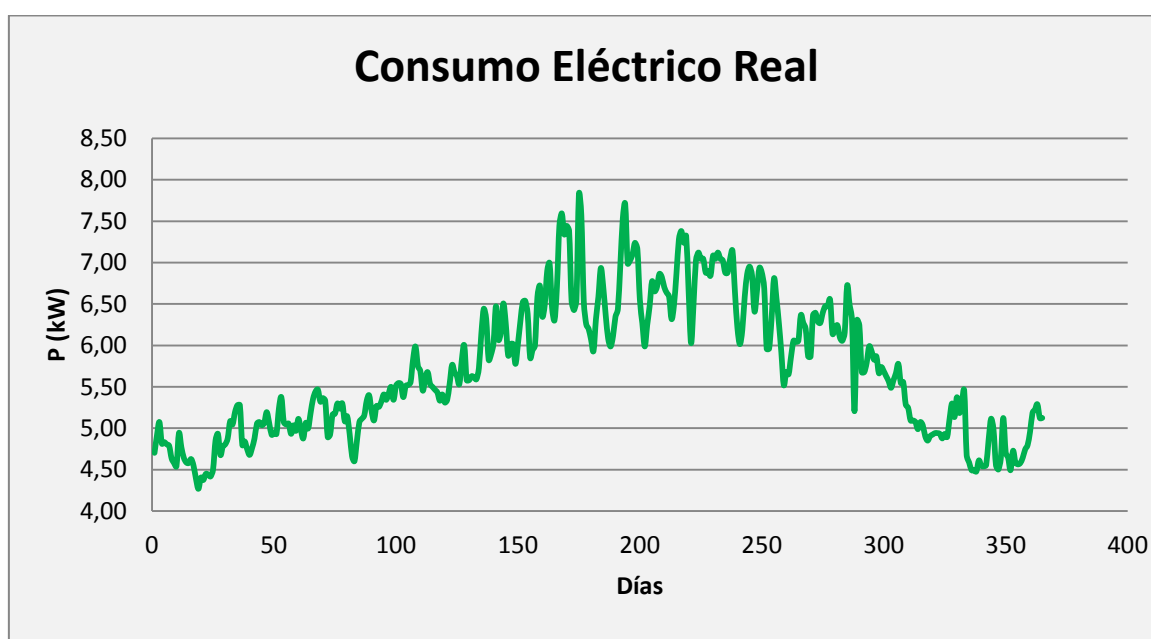


Fig. 4.11. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO REAL DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE NEGATIVA.

- Instalación de positiva.

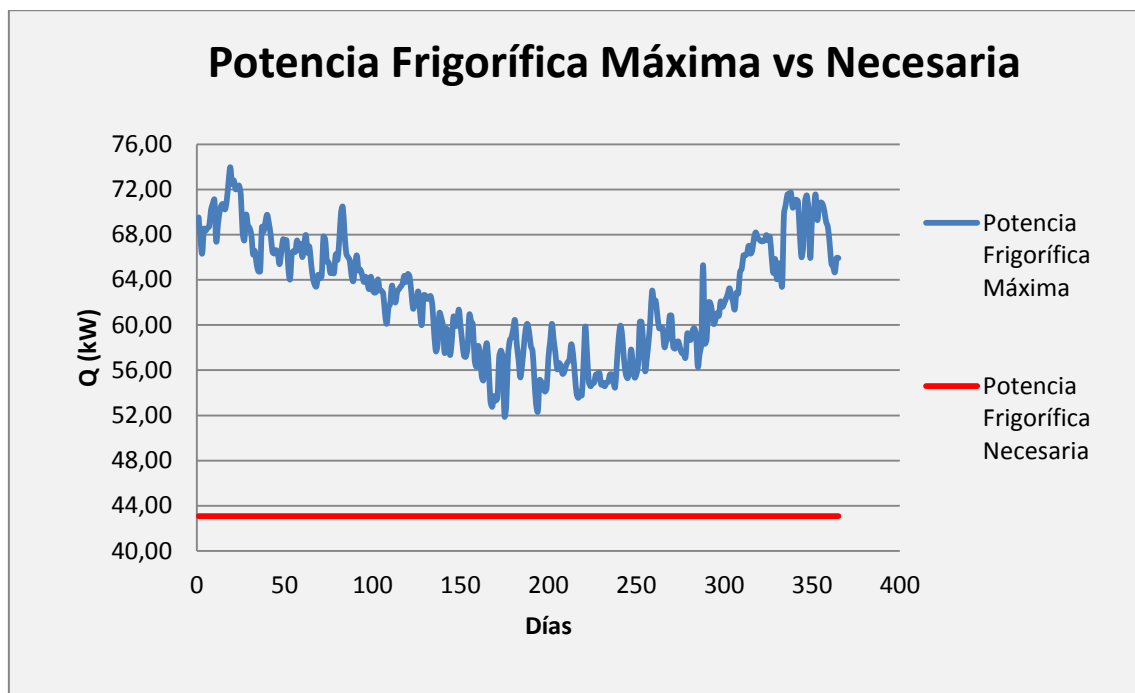


Fig. 4.12. GRÁFICO DE LA POTENCIA ANUAL DE LA CENTRAL ESTÁNDAR DE POSITIVA.

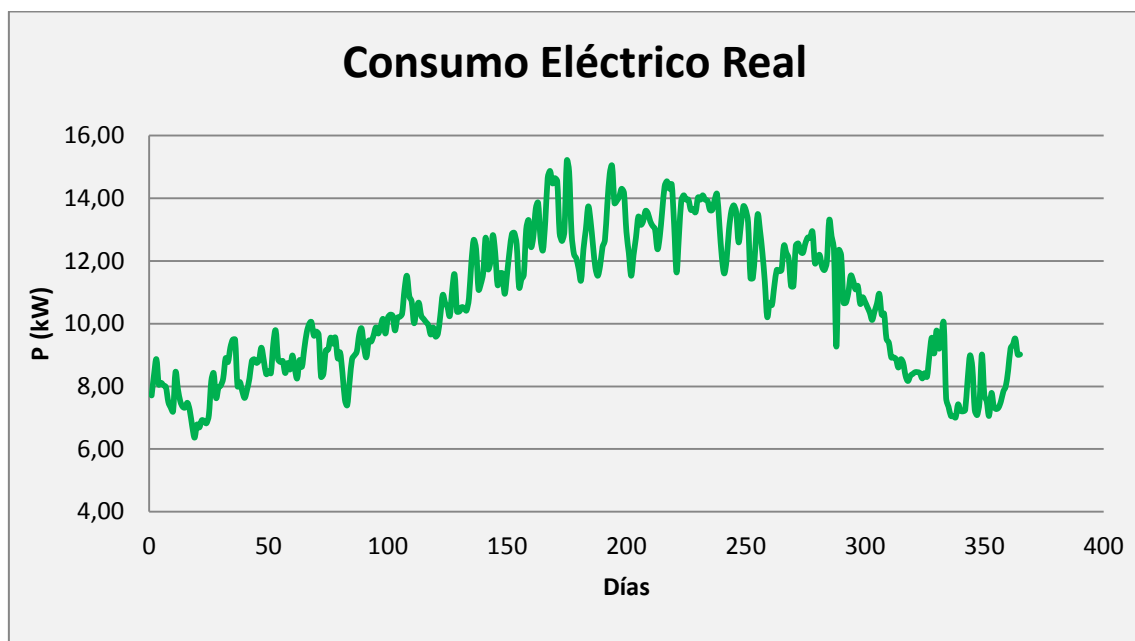


Fig. 4.13. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO REAL DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE POSITIVA.

Una vez vistos los gráficos de consumo de cada una de las dos instalaciones pertenecientes a la instalación estándar de freón, en el siguiente gráfico se obtiene el consumo de la instalación al completo:

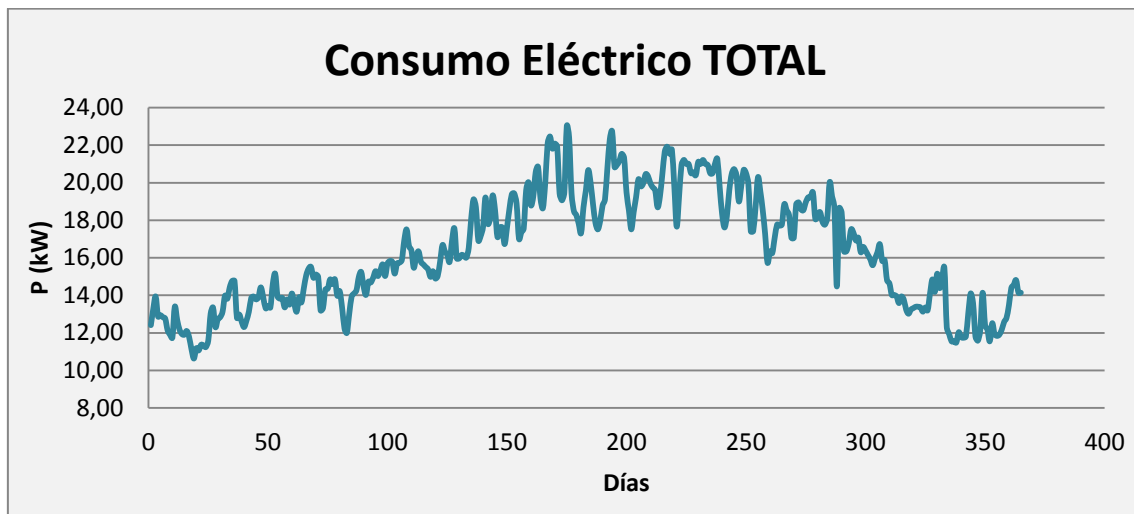


Fig. 4.14. CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL DE LA INSTALACIÓN ESTÁNDAR DE FREÓN.

CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL ANUAL: 5.955,91 kW.

4.3. Consumo eléctrico de la instalación transcítica de CO₂.

Siguiendo con el planteamiento de la instalación anterior, se va a obtener el consumo eléctrico de la instalación transcítica con CO₂:

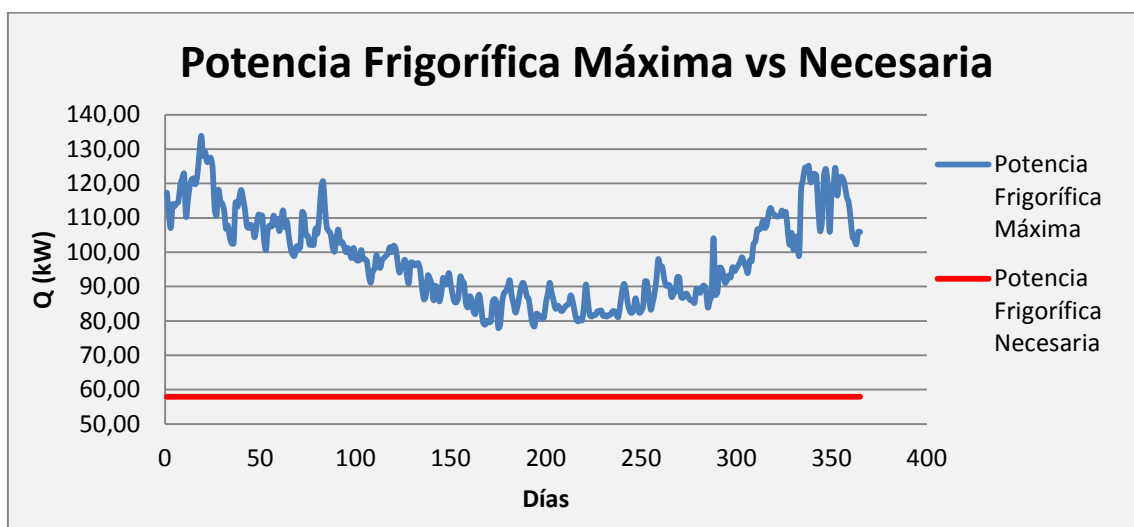


Fig. 4.15. GRÁFICO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂.

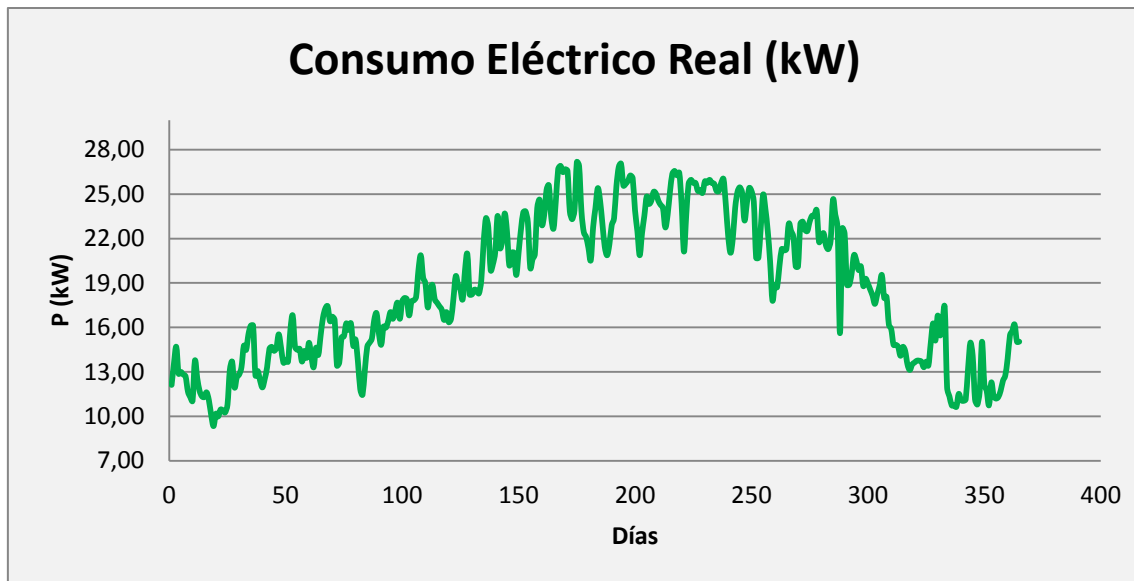


Fig. 4.16. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂.

CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL ANUAL: 6.787,80 kW.

4.4. Consumo eléctrico de la instalación transcrítica de CO₂ con subenfriador.

Por último, se van a obtener los resultados de la instalación transcrítica de CO₂ con subenfriador.

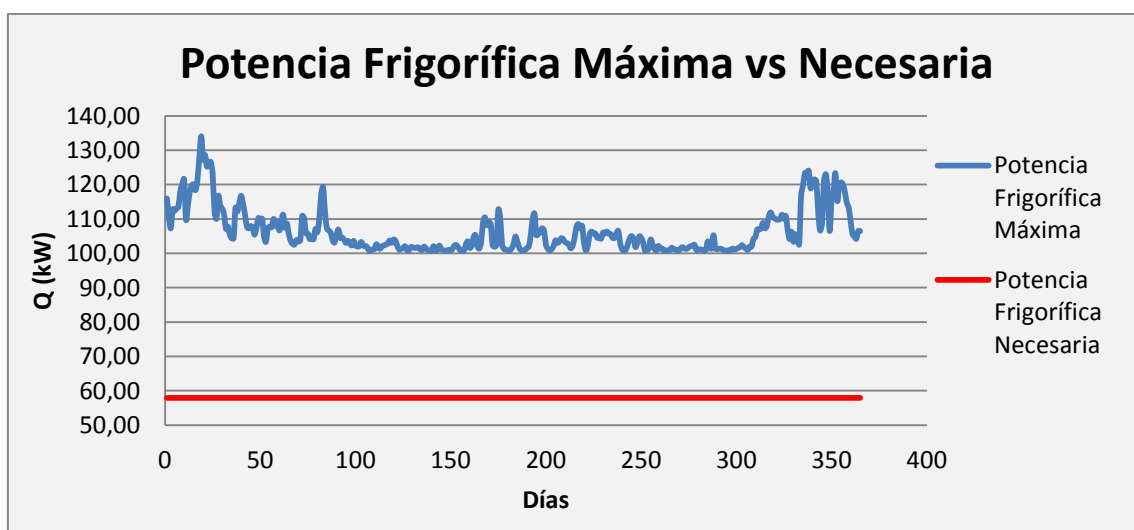


Fig. 4.17. GRÁFICO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂ CON SUBENFRIADOR.

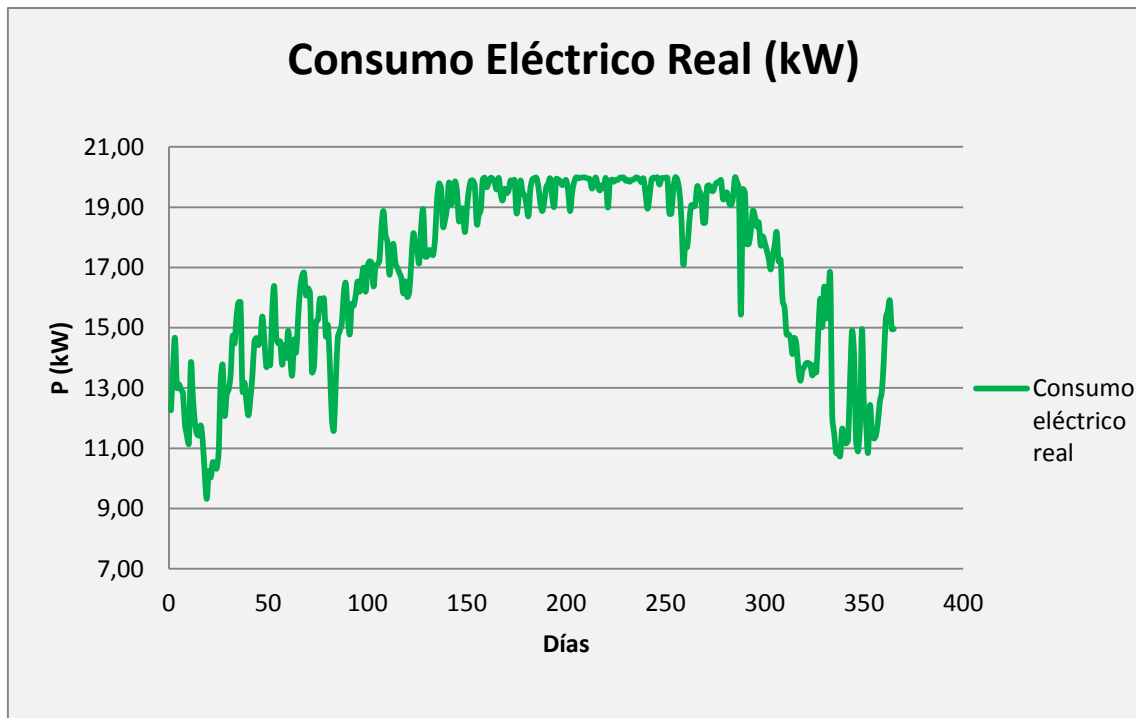


Fig. 4.18. GRÁFICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN TRANCRÍTICA DE CO₂ CON SUBENFRIADOR.

CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL ANUAL: 6.116,66 kW.

4.5. Comparativa de consumo eléctrico de los sistemas estudiados.

Una vez vistos los tres sistemas, a continuación se va a realizar la comparativa de los tres sistemas con el objetivo de ver en cuál de ellos el consumo es menor.

En el siguiente gráfico se ven representados los consumos eléctricos anuales de los tres sistemas:

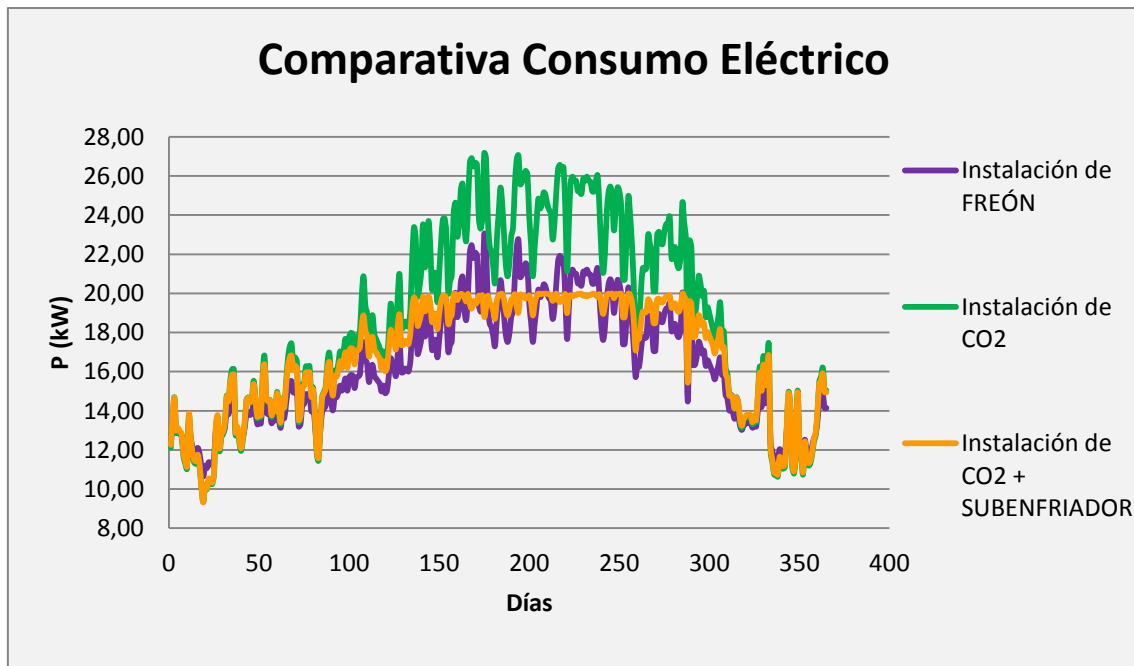


Fig. 4.19. COMPARATIVA DE CONSUMOS ELÉCTRICOS.

Como se puede ver en el gráfico anterior, el inicio y final de la evolución de consumo eléctrico anual de los tres sistemas, que coinciden con las épocas del año en las que la temperatura es menor, son muy parecidos. Esto da a entender que la diferencia de consumos entre los sistemas estudiados es muy baja o casi nula.

Donde se encuentra mayor diferencia es en tramo central, que coincide con la época de mayor temperatura. En este tramo se puede ver como el consumo de la instalación con CO₂ se dispara, debido en gran parte a la mayor presión que alcanza el sistema a la temperatura de condensación dada, que obliga a los compresores a realizar un trabajo mayor.

Por otro lado, de los dos sistemas restantes se obtiene un consumo muy parecido. La instalación que emplea freón R-449a, trabaja con una presión a la temperatura de condensación menor, mientras que la instalación de CO₂ ayudada por el subenfriador, reduce el trabajo realizado por los compresores, lo que repercute en el consumo eléctrico de estos.

Si, por otra parte se comparan ambas instalaciones de CO₂, se ve como el empleo del subenfriador ofrece una cierta linealidad en el tramo de mayor temperatura, momento en el cual se pone en funcionamiento.

Para una mejor comprensión de esta comparativa, se ha optado por realizar un gráfico de barras en el cual se observar el consumo eléctrico total de los instalaciones:

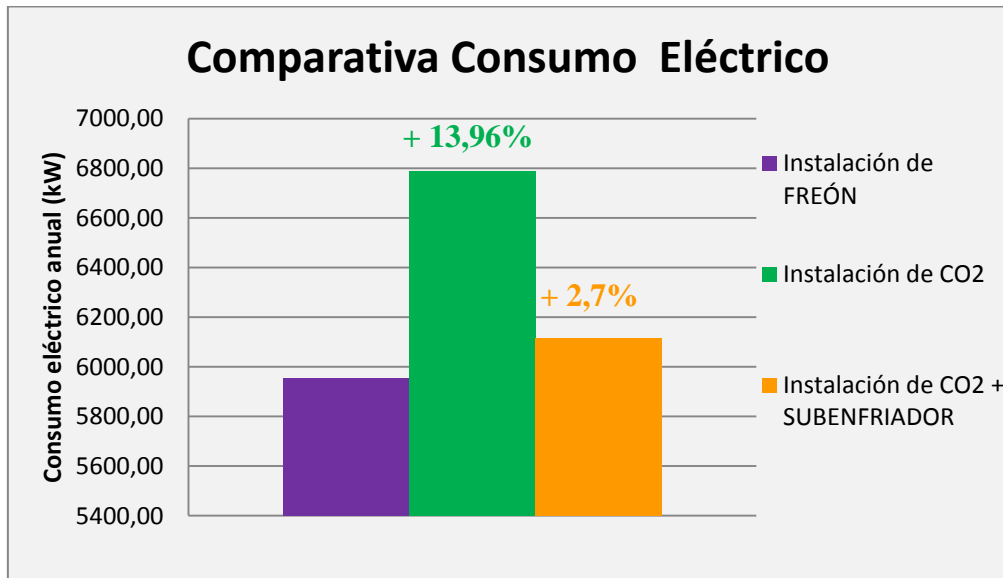


Fig. 4.20. GRÁFICO DE BARRAS DE LA COMPARATIVA DE CONSUMOS ELÉCTRICOS.

Dando como resultado los siguientes valores:

- Consumo eléctrico de la instalación estándar de freón: **5.955,91 kW.**
- Consumo eléctrico de la instalación transcrítica de CO₂: **6.787,80 kW.**
- Consumo eléctrico de la instalación transcrítica de CO₂ con subenfriador: **6.116,66 kW.**

Por lo tanto se puede afirmar que la opción más económica con respecto al consumo es la instalación estándar con R-449a.

5. PRESUPUESTO

5.1. Introducción.

En este apartado se van a presentar todos los gastos derivados de la realización de una instalación frigorífica. Estos gastos se pueden dividir en los siguientes puntos:

- Equipos.
Representan el equipamiento físico principal de la instalación.
- Instalación frigorífica.
Este punto incluye tanto la mano de obra necesaria para llevar a cabo el proyecto, como los visados necesarios y la asistencia durante la puesta en marcha de la instalación.
- Materiales.
Son el resto de equipamiento necesario para realizar la instalación, tales como: tubería, paneles de cámaras, refrigerante, elementos de seguridad, etcétera.
- Electricidad y electrónica.
Representa la parte eléctrica y de control de la instalación, que incluye en otros, las válvulas de expansión, sondas y termostatos, cuadros eléctricos y subcuadros, etcétera.
- Ingeniería.
Incluye el coste de las horas invertidas para la realización del proyecto y de la ingeniería encargada de llevarlo a cabo.

Se obtendrán los presupuestos de las instalaciones estudiadas durante el presente trabajo a fin de realizar una comparativa económica de los mismos.

5.2. Instalación estándar con R-449a.

5.2.1. Equipos.

Tabla 5.1. PRECIOS EQUIPOS R-449A.

CONCEPTO		UNIDAD	€/UNIDAD	TOTAL (€)
Central multicompresora de positiva		1	11.113,90	11.113,90
Central multicompresora de negativa		1	8.485,10	8.485,10
Condensador de positiva		1	5.763,70	5.763,70
Condensador de negativa		1	1.580,00	1.580,00
Evaporadores	Pescado	1	215,03	215,03
	Carne/Pollo	1	305,64	305,64
	Charcutería	1	294,86	294,86
	Fruta	1	323,38	323,38
	Obrador general	1	197,90	197,90
	Pan congelado	1	383,64	383,64
	Congelados	1	489,44	489,44
TOTAL				29.152,59

5.2.2. Instalación frigorífica.

Tabla 5.2. PRECIOS INSTALACIÓN R-449A

CONCEPTO	UNIDAD	€/UNIDAD	TOTAL (€)
Horas de montaje instalación	1.904	32,5	61.880,00
Horas de desplazamiento	186	32,5	6.045,00
Dietas (Desayuno+Comida) (días)	186	17,5	3.255,00
Desplazamientos (km)	7.440	0,43	3.199,20
Asistencia post-puesta en marcha	1	500	500,00
Grúas/Transportes/Toro	1	2.000,00	2.000,00
Proyectos y visados	1	1.800,00	1.800,00
TOTAL			78.679,20

5.2.3. Materiales.

Tabla 5.3. PRECIOS MATERIALES R-449A

CONCEPTO	UNIDAD	€/UNIDAD	TOTAL (€)
Refrigerante R-449a (kg)	200	2,00	400,00
Aceite	20	14,00	280,00
Detectores de R-449a + Alarma	10	250,00	2.500,00
Seguridad sala maquinas	1	1.000,00	1.000,00
Alarmas hombre encerrado - Cámaras de frescos	4	83,00	332,00
Alarmas hombre encerrado - Cámaras congelados	2	219,00	438,00
Hachas de bomberos	2	75,00	150,00
Válvulas corte servicios + Válvula de Seguridad.	66	99,00	6.534,00
Válvula seguridad otros.	2	1.000,00	2.000,00
Materiales instalación (tuberías, soportaciones y otros)	1	17.668,00	17.668,00
Paneles de cámaras de positiva (m ²)	178,08	25,99	4628,30
Paneles de cámaras de negativa (m ²)	75,4	29,18	2.200,17
Paneles del obrador (m ²)	59,62	23,51	1401,67
TOTAL			39.532,14

5.2.4. Electricidad y electrónica.

Tabla 5.4. PRECIOS ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA R-449A

CONCEPTO	UNIDAD	€/UNIDAD	TOTAL (€)
Cuadro eléctrico + Subcuadros	1	14.975,00	14.975,00
Controles Electrónicos	1	11.946,28	11.946,28
TOTAL			26.921,28

5.2.5. Ingeniería.

Tabla 5.5. PRECIOS INGENIERÍA R-449A

CONCEPTO	Tiempo (h)	€/hora	TOTAL (€)
Cálculos del proyecto	24	20,00	480,00
Redacción de la memoria	8	20,00	160,00
Otros gastos (vistas a obra, dietas...)	10	32,00	320,00
TOTAL			960,00

TOTAL INSTALACIÓN	175.245,21 €
--------------------------	---------------------

5.3. Instalación transcrítica de CO₂.

5.3.1. Equipos.

Tabla 5.6. PRECIOS EQUIPOS CO₂.

CONCEPTO		UNIDAD	€/UNIDAD	€ TOTALES
Central de compresores		1	63.139,77	63.139,77 €
Condensador		1	12.613,53	12.613,53 €
Evaporadores	Pescado	1	223,59	223,59
	Carne/Pollo	1	363,09	363,09
	Charcutería	1	322,46	322,46
	Fruta	1	370,76	370,76
	Obrador general	1	257,60	257,60
	Pan congelado	1	494,96	494,96
	Congelados	1	544,18	544,18
Subenfriador		1	7760,70	7.760,70
TOTAL				86.090,64

5.3.2. Instalación frigorífica

Tabla 5.7. PRECIOS INSTALACIÓN CO₂.

CONCEPTO	UNIDAD	€/UNIDAD	TOTAL (€)
Horas de montaje instalación	1.400	32,50	45.500,00
Horas de desplazamiento	140	32,50	4.550,00
Dietas (Desayuno+Comida) (días)	70	17,50	1.225,00
Desplazamientos (km)	5.600	0,43	2.428,00
Asistencia post-puesta en marcha	1	500,00	500,00
Grúas/Transportes/Toro	1	2.000,00	2.000,00
Proyectos y visados	1	1.800,00	1.800,00
TOTAL			57.893

5.3.3. Materiales.

Tabla 5.8. PRECIOS MATERIALES CO₂.

CONCEPTO	UNIDAD	€/UNIDAD	€ TOTALES
Refrigerante CO ₂ (kg)	200	2,00	400,00
Aceite	20	14,00	280,00
Detectores de CO ₂ + Alarma	10	250,00	2.500,00
Seguridad sala maquinas	1	1.000,00	1.000,00
Alarmas hombre encerrado - Cámaras de frescos	4	83,00	332,00
Alarmas hombre encerrado - Cámaras congelados	2	219,00	438,00
Hachas de bomberos	2	75,00	150,00
Válvulas corte servicios + Válvula de Seguridad.	66	99,00	6.534,00
Válvula seguridad otros.	2	1.000,00	2.000,00
Materiales instalación (tuberías, soportaciones y otros)	1	17.668,00	17.668,00
Paneles de cámaras de positiva (m ²)	178,08	25,99	4628,30
Paneles de cámaras de negativa (m ²)	75,40	29,18	2.200,17
Paneles del obrador (m ²)	59,62	23,51	1401,67
TOTAL			39.532,14

5.3.4. Electricidad y electrónica.

Tabla 5.9. PRECIOS ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA CO₂.

CONCEPTO	UNIDAD	€/UNIDAD	€ TOTALES
Cuadro eléctrico alimentaciones + Subcuadros	1	14.975,00	14.975,00
Controles Electrónicos	1	11.946,28	11.946,28
TOTAL			26.921,28

5.3.5. Ingeniería.

Tabla 5.10. PRECIOS INGENIERÍA CO₂.

CONCEPTO	Tiempo (h)	€/hora	TOTAL (€)
Cálculos del proyecto	24	20,00	480,00
Redacción de la memoria	8	20,00	160,00
Otros gastos (vistas a obra, dietas...)	10	32,00	320,00
TOTAL			960,00

TOTAL INSTALACIÓN	211.397,06 €
--------------------------	---------------------

6. CONCLUSIONES

Tras realizar el estudio completo de la instalación y llegados a este punto, se va a proceder a comentar los puntos más significativos del presente trabajo:

- ✓ El objetivo de este proyecto ha sido el estudio de dos sistemas de refrigeración diferentes aplicados a una instalación refrigerada comercial, desde el cálculo de necesidades frigoríficas hasta su impacto ambiental, pasando por la selección de equipos y su consumo anual, con la finalidad de resolver el principal problema del consumidor; decidir qué tipo de sistema de refrigeración es más apropiado para su instalación.
- ✓ La instalación se ha emplazado en una zona cercana al aeropuerto de Jerez de la Frontera, para la cual se han obtenido los datos térmicos correspondientes al año 2017, obteniendo una temperatura máxima anual de 40,6 °C.
- ✓ Esta instalación de tipo comercial, está compuesta por cámaras frigoríficas y mobiliario también frigorífico, a partir de los cuales se han obtenido las necesidades de frío necesarias para el cálculo de la instalación.
- ✓ Tras realizar el estudio de cálculo de necesidades frigoríficas se ha obtenido una potencia frigorífica total de 55,47 kW.
- ✓ Los dos tipos de sistemas empleados han sido en primer lugar un sistema con ciclo de refrigeración por compresión estándar, empleando refrigerante R-449a, y un sistema con ciclo por doble compresión transcrito con refrigerante R-744 (CO₂).
- ✓ A parte de estos dos sistemas seleccionados, se ha optado por incluir un tercer sistema que no deja de ser una variación del sistema transcrito de CO₂, el cual ha consistido en la implementación de un elemento subenfriador para mejorar la eficiencia del mismo.
- ✓ Se ha realizado la selección de equipos para ambos sistemas, indicando sus principales características, métodos de cálculo, software utilizado y márgenes de funcionamiento mediante el empleo de diagramas Presión/Entalpía.
- ✓ Tras la selección de equipos se ha procedido a obtener el consumo eléctrico anual de los sistemas estudiados. Este cálculo se ha realizado mediante el empleo de ajustes polinómicos, calculando en primer lugar la potencia frigorífica y el COP anuales de las instalaciones para, a partir de estos valores, obtener el consumo total anual.

- ✓ De la instalación frigorífica estándar con R-449a, se ha obtenido un consumo anual total de 5.955,91 kW.
- ✓ De la instalación frigorífica transcritical con CO₂, se ha obtenido un consumo anual total de 6.787,8 kW.
- ✓ De la instalación frigorífica transcritical con CO₂ y subenfriador, se ha obtenido un consumo anual total de 6.116,66 kW.
- ✓ Estos resultados anuales nos muestran un menor consumo de la instalación frigorífica estándar de R-449a.
- ✓ El coste de total de esta instalación ha sido de 175.245,21 €, mientras que para la transcritical de CO₂ ha sido superior, con un importe de 211.397,06 €.
- ✓ Con estos resultados obtenidos, se puede afirmar que la mejor opción para esta instalación es la estándar con R-449a.

7. NOMENCLATURAS

CO_2	Dióxido de carbono.
GWP	Global Warming Potentials (Potencial de calentamiento global).
HFC	Hidrofluorurocarburos.
$CP1$	Cámara positiva uno.
$CP2$	Cámara positiva dos.
$CP3$	Cámara positiva tres.
$CP4$	Cámara positiva cuatro.
$CP5$	Cámara positiva cinco.
$OB1$	Obrador uno.
$CN1$	Cámara congelados uno.
$CN2$	Cámara congelados dos.
PU	Poliuretano.
PVC	Policloruro de vinilo.
Q_1	Necesidades frigoríficas por transmisión (kW).
U	Coeficiente global de transmisión de calor ($W/m^2\text{°C}$).
S	Superficie (m^2).
ΔT	Diferencia de temperatura.
$m_{\text{día}}$	Circulación de mercancía diaria (kg/día).
ρ_s	Densidad superficial de la cámara (kg/m^2).
f	Factor de utilización superficial (%).
Q_2	Necesidades frigoríficas por almacenamiento de producto (kW).
C_p	Calor específico del producto ($kJ/kg\cdot K$).
t_e	Temperatura de entrada del producto ($^{\circ}C$).
t_i	Temperatura de almacenamiento ($^{\circ}C$).
Q_3	Carga (kW).

L_r	Calor de respiración del producto (kJ/kg).
Q_4	Carga (kW).
V	Volumen de la cámara (m ³).
ρ	Densidad del aire (kg/m ³).
N	Número de renovaciones por día.
Δh	Diferencia de entalpías (kJ/kg).
Q_5	Carga (kW).
q	calor liberado por persona (W).
n	número de personas.
T	tiempo de permanencia en la cámara (horas/día).
Q_6	Carga (kW).
I	intensidad lumínica (W/m ²).
t	Tiempo de funcionamiento de las luminarias (horas).
Q_7	Carga (kW).
t_f	Tiempo de funcionamiento de la maquinaria (horas).
dT	Diferencia de temperatura.
dB	Decibelios.
AEMET	Agencia estatal de meteorología.
COP	Coeficiente de operatividad.
Q_C	Potencia de condensación (kW).
Q_E	Potencia de evaporación (kW).
W_C	Potencia del compresor (kW).
P_C	Presión de condensación (bar).
P_e	Presión de evaporación.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] *Departamento de ingeniería térmica y de fluidos – UC3M*

[2] *www.centerpanel.es*

[3] *LAS BASES DEL FRÍO*

5ª EDICIÓN, FRANCIS CABEZA, AMV EDICIONES

[4] *AISLAMIENTO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS*

PABLO MELGAREJO MORENO, A. MADRID VICENTE 1995

[5] *www.bitzer.de*

[6] *www.profrigid.com*

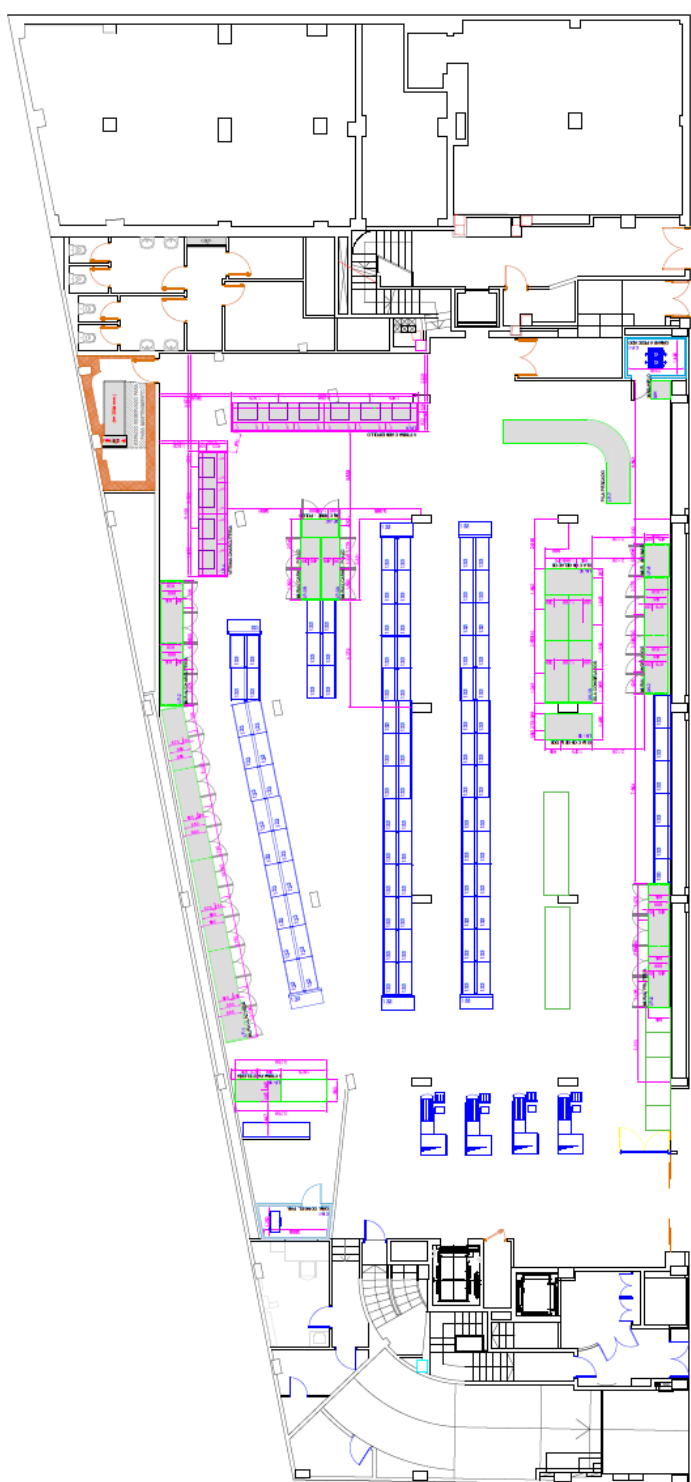
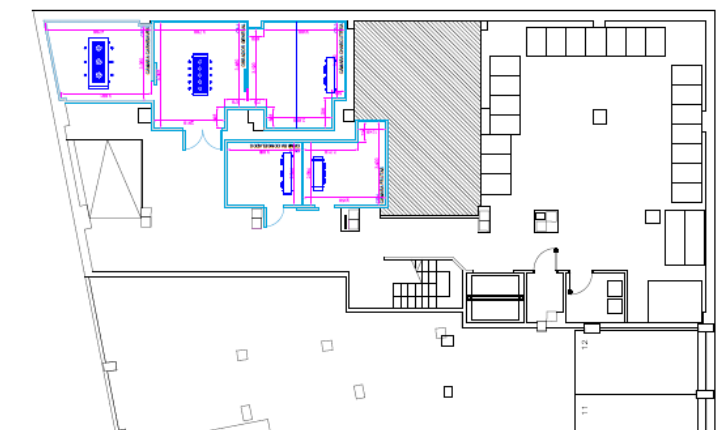
[7] *www.modine.com*

[8] *www.carrier.com*

[9] *www.aemet.es*

[10] *www.congresotecnofrío.es*

ANEXO A. Plano de la instalación.



ANEXO B. Comprobación de los valores del espesor de los paneles de las cámaras.

El objetivo de este apartado es comprobar si la elección de espesores de los paneles para las cámaras de esta instalación es adecuada. El planteamiento es el siguiente.

En la siguiente tabla, CenterPanel propone una serie espesores de los cuales, bajo su recomendación, se seleccionan los que mejor se adaptan a las condiciones de las cámaras de la instalación. Acompañando a estos espesores se tienen los valores del Coeficiente global de intercambio térmico (U).

PESO		TRANSMISIÓN TÉRMICA	
Espesor (mm)	Masa aprox. (Kg/m ²) en función del espesor de las caras metálicas 0,5/0,5	Espesor nominal (mm)	U (W/m ² K)
40	10,10	40	0,52
60	11,00	60	0,35
80	11,90	80	0,27
100	12,80	100	0,21
120	13,40	120	0,18
150	14,70	150	0,14
180	16,00	180	0,12
200	16,80	200	0,11

A continuación se va a exponer el procedimiento para realizar esta comprobación:

- En primer lugar se va a definir el concepto de Transferencia de calor, el cual viene representado por la siguiente expresión:

$$\varphi = U \cdot \Delta T$$

φ - Transferencia de calor (W/m²).

U - Coeficiente global de intercambio térmico (W/m²K).

ΔT - Diferencia de temperaturas ($T_e - T_i$).

Según la norma UNE-EN ISO 12241:2010 [x], se establecen unos valores máximos para la transferencia de calor, en función del tipo de cámara, que representa la cantidad de calor transferido por unidad de superficie:

- Cámaras de temperatura positiva: $\varphi = 8 \text{ W/m}^2$

- Cámaras de temperatura negativa: $\varphi = 6 \text{ W/m}^2$

Con esta expresión se quiere comprobar que para los diferentes valores de U y las diferencias de temperatura de cada cámara, no se superen esos valores máximos de transferencia de calor. Para ello el valor que se necesita conocer es U, el Coeficiente global de intercambio térmico.

- Para conocer el valor de U, se debe aplicar la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}}$$

e - espesor del panel (mm).

h_i - Coeficiente de película interno ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

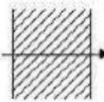
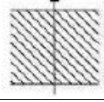
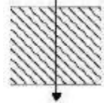
h_e - Coeficiente de película externo ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

λ - Conductividad térmica ($\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$).

De esta expresión se conocen los valores del espesor del panel, dato proporcionado por el fabricante.

La “conductividad térmica” (λ), se define como “la conductividad térmica de un cuerpo es la densidad del flujo que lo atraviesa para una diferencia de 1°C entre temperaturas de las dos caras separadas por un metro de grosor”. []. Para el tipo de panel elegido, λ posee un valor de $0,021 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, dato también proporcionado por el fabricante.

Por lo tanto, únicamente queda por conocer los coeficientes de película, los cuales se pueden obtener de la siguiente tabla:

Sentido de flujo	Pared que separa del exterior		Pared interna	
	h_i	h_e	h_i	h_e
Pared vertical 	9,1	16,7	8,3	8,3
Pared horizontal 	11,1	20	10	10
Pared horizontal 	5,9	20	5,9	5,9

En esta tabla, se pueden ver distintos valores en función de la forma en la que el calor incide en la superficie. Para este caso, se van a tener en cuenta a modo de ejemplarización, los valores correspondientes al calor incidiendo en una pared vertical.

Por otro lado, también se observa la distinción entre pared externa e interna, que para este caso, se elegirán los valores de pared interna, al conocer que las cámaras están en el interior de un edificio y no están expuestas a condiciones ambientales externas.

Llegados a este punto, en el que se han definido todas las variables conocidas y a resolver, se va a proceder a obtener los resultados de esta comprobación.

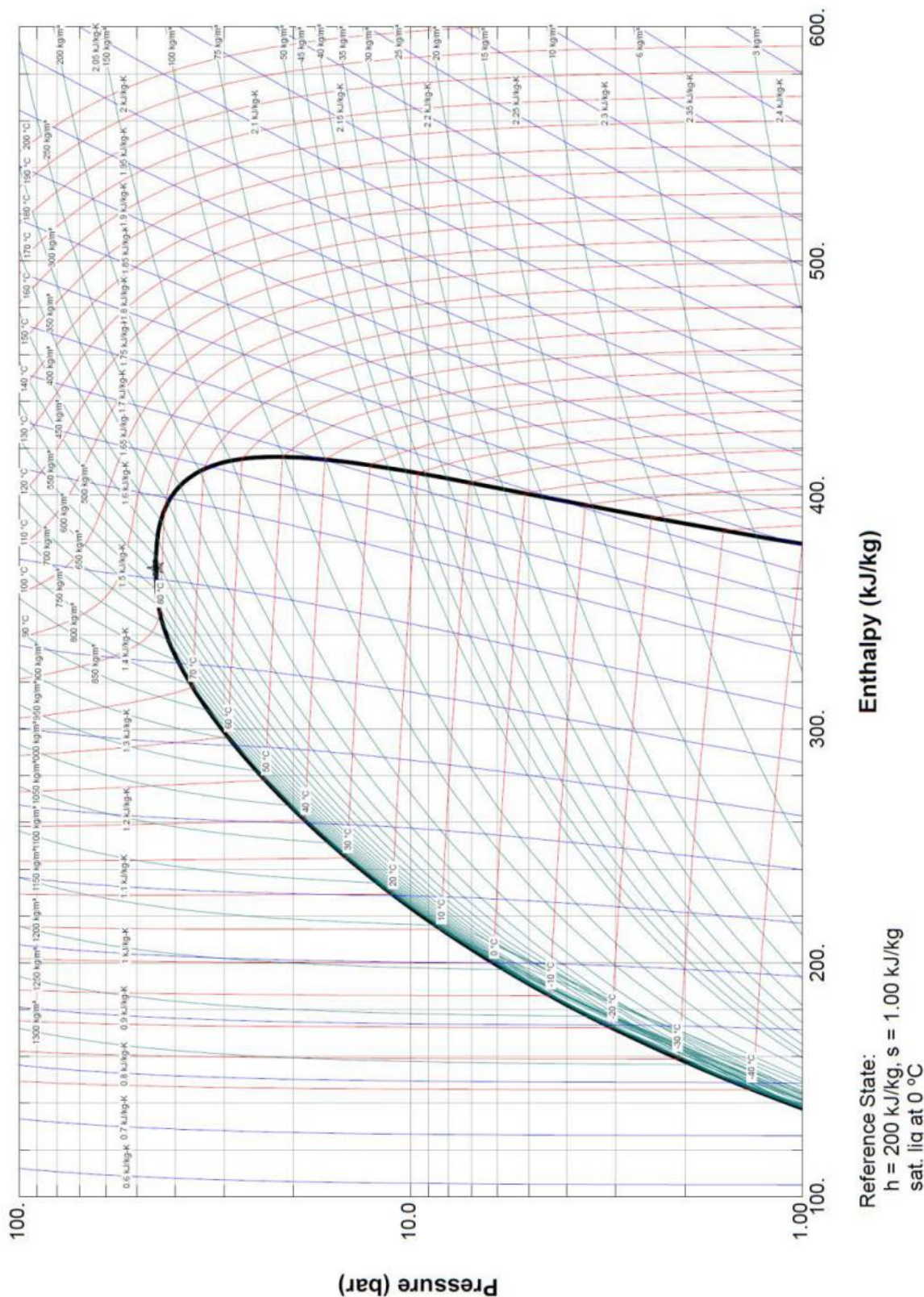
En la siguiente tabla se exponen todos los datos anteriormente comentados:

Cámara	ID	$\phi_{\text{máx}}$ (W/m ²)	ϕ (W/m ²)	U (W/m ² K)	ΔT	e (m)	λ (W/m°C)	hi (W/m ² ·°C)	he (W/m ² ·°C)
Pescado	CP1	8	6,42	0,25	26	0,08	0,021	8,3	8,3
Carne/Pollo	CP2	8	6,42	0,25	26	0,08	0,021	8,3	8,3
Charcutería	CP3	8	5,93	0,25	24	0,08	0,021	8,3	8,3
Fruta	CP4	8	5,93	0,25	24	0,08	0,021	8,3	8,3
Obrador general	OB1	8	5,16	0,32	16	0,06	0,021	8,3	8,3
Pan congelado	CN1	6	5,67	0,11	50	0,18	0,021	8,3	8,3
Congelados	CN2	6	5,67	0,11	50	0,18	0,021	8,3	8,3

Como se puede observar, los resultados de la transmisión de calor en cada una de las cámaras son satisfactorios, ya que son inferiores a los límites máximos impuestos por la normativa. Por otro lado, los valores de U, se acercan en gran medida a los valores proporcionados por el fabricante, por lo que podemos decir que la elección de espesores para esta instalación es la correcta.

ANEXO C. Diagramas.

R-449a.



CO₂

FIG. 3

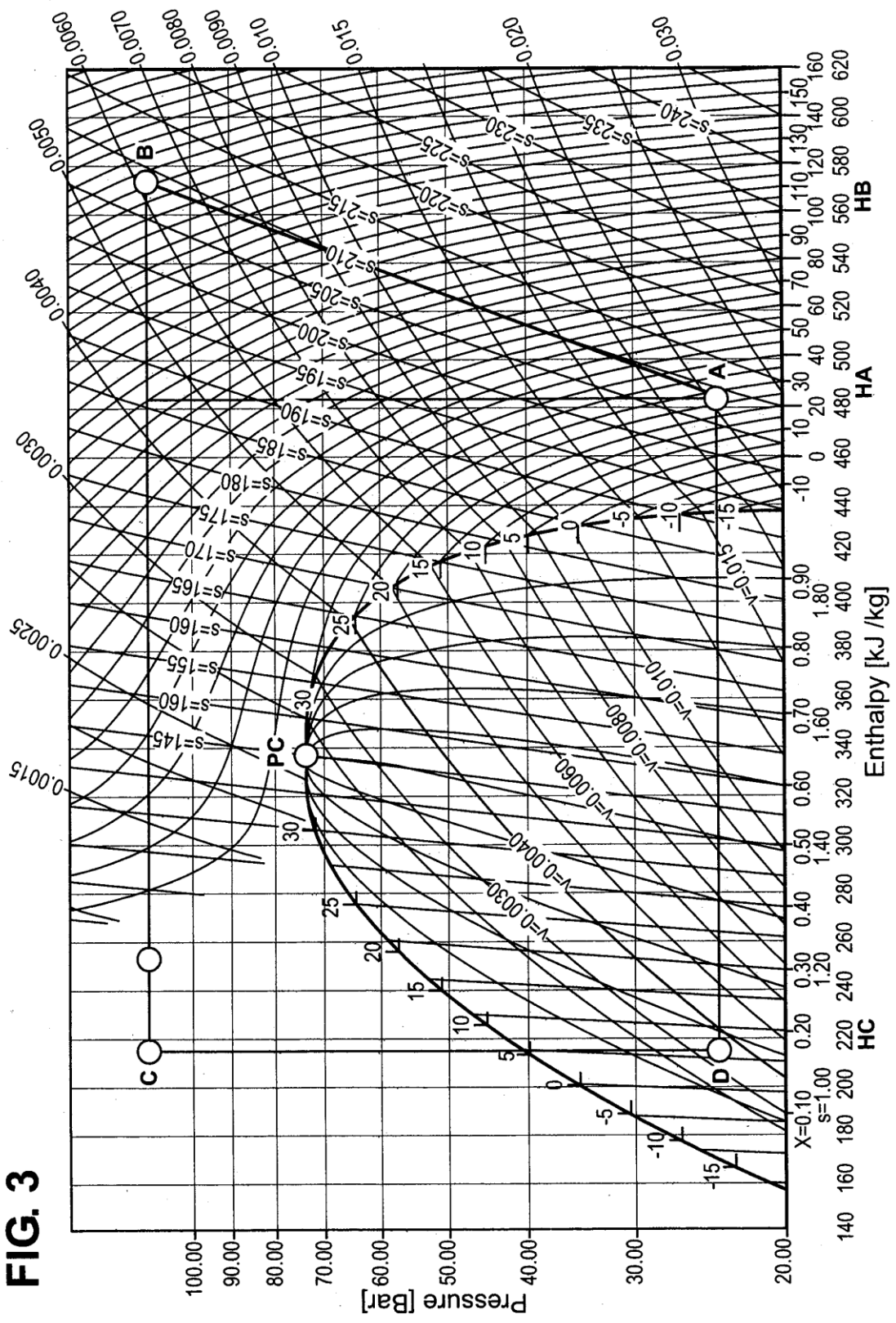


Diagrama Psicrométrico para altas temperaturas.

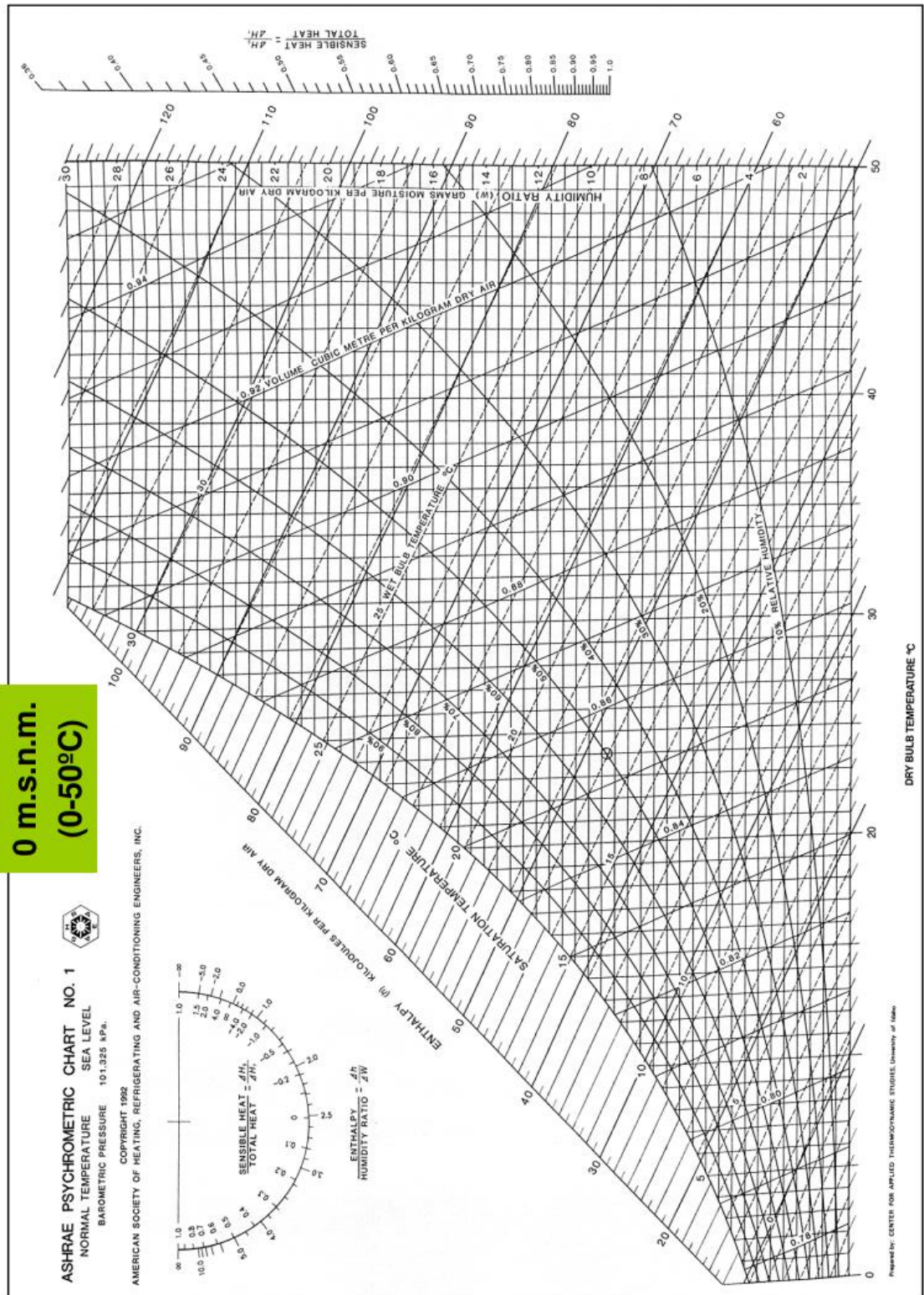
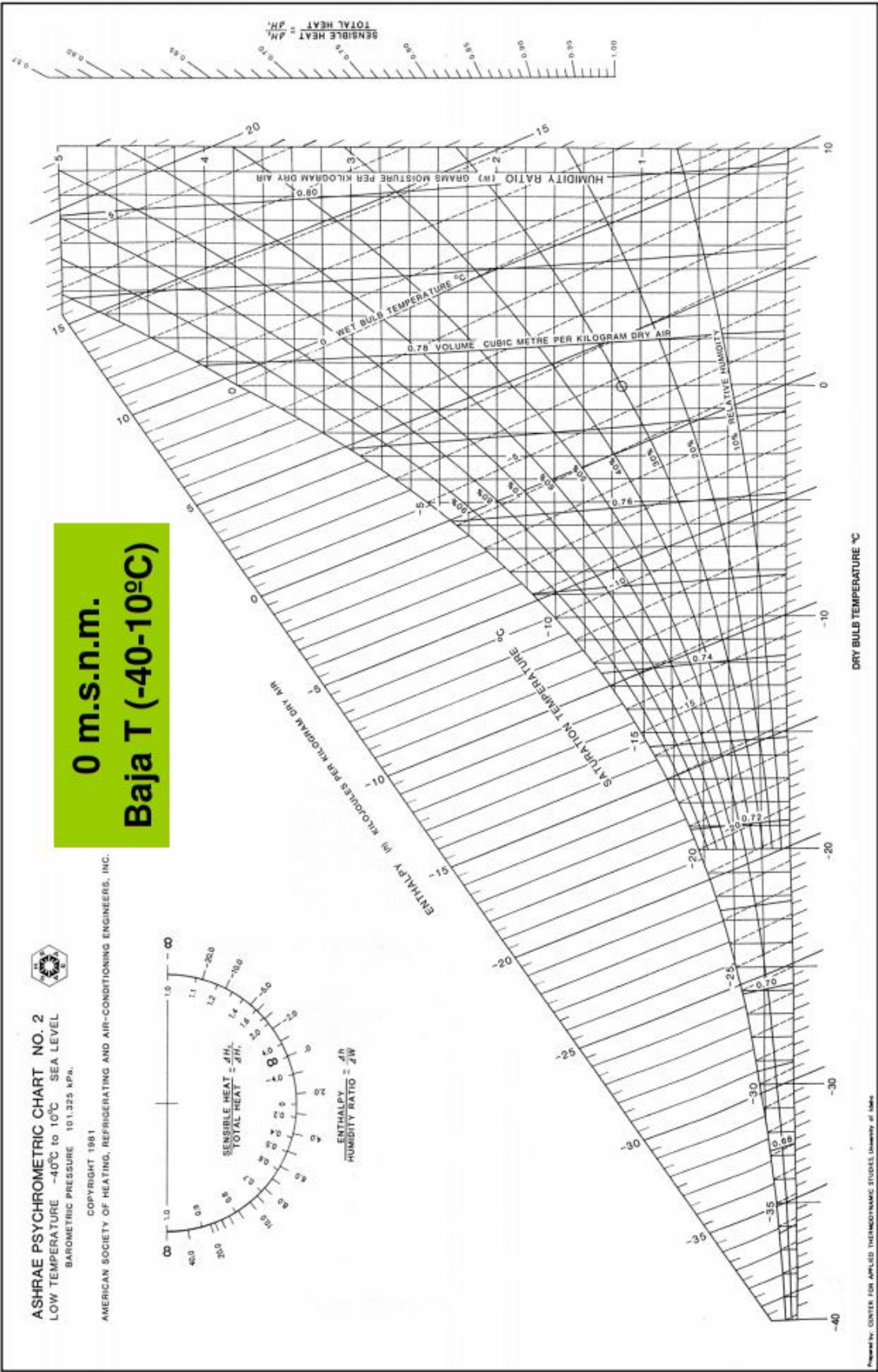


Diagrama Psicrométrico para bajas temperaturas.



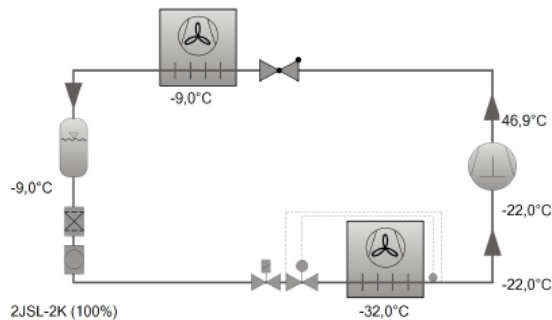
ANEXO D. Fichas técnicas de equipos.

Compresores de R744.

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	2JSL-2K
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-32,00 °C
Temp. de condensación	-9,00 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	0 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Subcrítico
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



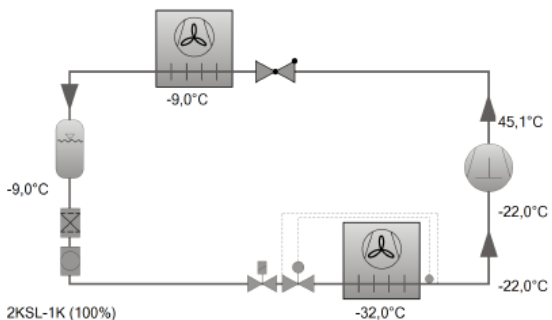
Resultado

Compresor	2JSL-2K-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	6,94 kW
Potencia frigorífica *	6,94 kW
Potencia en el evap.	6,94 kW
Potencia absorbida	1,40 kW
Corriente (400V)	3,33 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	8,34 kW
COP/EER	4,95
COP/EER *	4,95
Caudal másico	92,9 kg/h
Temp. Gas de descarga no enfriado	46,9 °C

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	2KSL-1K
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-32,00 °C
Temp. de condensación	-9,00 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	0 K
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Subcrítico
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



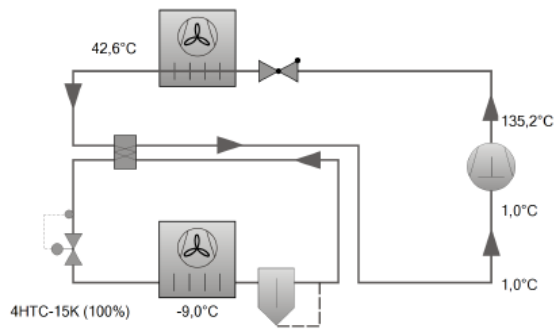
Resultado

Compresor	2KSL-1K-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	5,45 kW
Potencia frigorífica *	5,45 kW
Potencia en el evap.	5,45 kW
Potencia absorbida	1,06 kW
Corriente (400V)	2,79 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	6,52 kW
COP/EER	5,13
COP/EER *	5,13
Caudal másico	73,1 kg/h
Temp. Gas de descarga no enfriado	45,1 °C

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4HTC-15K
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-9,00 °C
Alta presión	Auto
Salida enfriamiento del gas	42,6 °C
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Transcrítico
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



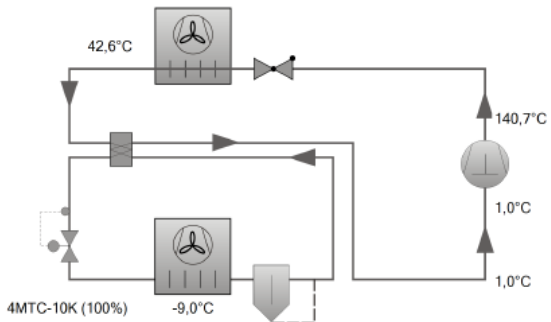
Resultado

Compresor	4HTC-15K-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	19,65 kW
Potencia en el evap.	19,65 kW
Potencia absorbida	15,15 kW
Corriente (400V)	25,9 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad enfriador de gas	34,8 kW
COP/EER	1,30
Caudal másico	542 kg/h
Temp. Gas de descarga no enfriado	135,2 °C
Alta presión óptima	106,0 bar(a)

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4MTC-10K
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-9,00 °C
Alta presión	Auto
Salida enfriamiento del gas	42,6 °C
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Transcrítico
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



Resultado

Compresor	4MTC-10K-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	10,39 kW
Potencia en el evap.	10,39 kW
Potencia absorbida	8,61 kW
Corriente (400V)	14,88 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad enfriador de gas	19,00 kW
COP/EER	1,21
Caudal másico	287 kg/h
Temp. Gas de descarga no enfriado	140,7 °C
Alta presión óptima	105,9 bar(a)

Condensador de R744.



GASCO.AL91-CO2-3MSC-EC-M2-SV


United Technologies

Data Sheet

General Data	Series	Carrier				
	Model Code	GASCO.AL91-CO2-3MSC-EC-M2-SV				
	Circuiting Code	42T-4N-21INJ-1 1/8	Air flow type		Vertical	
Design point data as per request	Subcritical operation conditions	Value	Unit	Transcrit. operation conditions	Value	Unit
	Ambient temperature	5	°C	Ambient temperature	<u>40</u>	°C
	Compressor discharge temperature	<u>60</u>	°C	Compressor discharge temperature	<u>110</u>	°C
	Condensation temperature	13,0	°C	High pressure	<u>9980</u>	kPa
	Temperature difference	<u>8,0</u>	K	Temperature difference at outlet	1,3	K
	Pressure loss at subcritical operation	22 (0,2)	kPa (K)	Pressure loss at transcritical operation	25	kPa
	Refrigerant mass flow rate	0,33	kg/s	Refrigerant mass flow rate	0,45	kg/s
	Rejected heat capacity	88	kW	Rejected heat capacity	88	kW
	Both operation conditions	Value	Unit	Both operation conditions	Value	Unit
	Altitude	<u>690</u>	m		.	
	Fan speed	485	1/min	Relative fan speed	79	%
	Fan power consumption	0,86	kW	Air volume flow	29146	m³/h
	Sound power level	72	dB(A)	Admissible sound pressure level	<u>40 @ 10 m</u>	dB(A)
			Value	Unit		Value
Std. design point data	Std. subcritical design point capacity	132	kW	Std. supercritical design point capacity	131	kW
	Maximum air volume flow	36631	m³/h	Maximum fan speed	610	1/min
	Maximum sound pressure level	<u>48 @ 10 m</u>	dB(A)	Voltage / Grid	400V / ~3 / 50Hz	
	Maximum electrical power	1,8	kW	Maximum current	3,6	A
Fans	Number of fans	3	#	Number of fan rows	1	#
	Fan diameter	910	mm	Motor type	M2	
Coil data	Maximum allowable pressure	120 (12000)	bar (kPa)	Maximum allowable temperature	120	°C
	Pipe material	K65		Fin material	Aluminium	
	Fin spacing	2,12	mm	Fin coating	None	
	Connection material	INOX				
	Inlet connection size	1 x 26,9 / 2,6	mm	Outlet connection size	1 x 26,9 / 2,6	mm
	Number of circuits	21	#	Passes per circuit	8	#
	Pipe volume	49	dm³	Heat transfer area	384	m²
Dimensions	Length	5121	mm	Width	1137	mm
	Height	1530	mm	Net weight	573	kg
	Casing	Galvanized steel RAL7035		Number of feet	4	#
Underlined values are client specified design point data / Bold values are calculated data based on client specified design point						

Evaporadores de R744.



DLL - 1.13 , DB - 150617.03



User : Jose Ruben Garcia

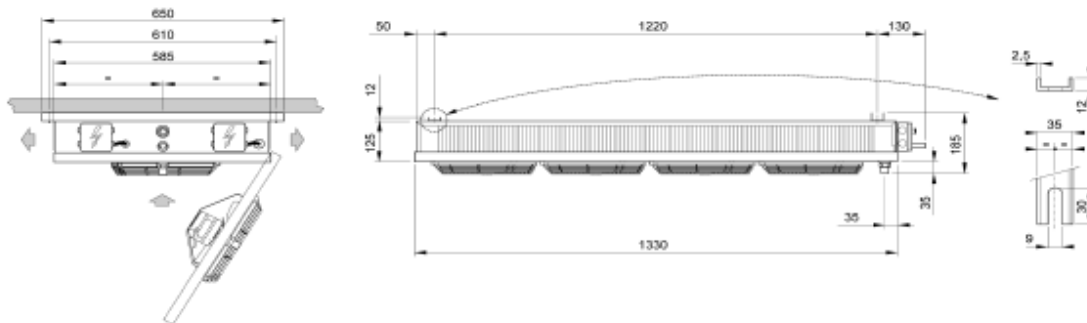
Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.9	Evaporating temperature	[°C]	-8.0
Inlet air temperature	[°C]	0.0	Refrigerant		CO2
DT	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	ED				

Selected model: 1 x CDD 24A49

ED

Capacity	[kW]	3.02	Margin	[%]	4.2
DT	[Δ°C]	7.7	Tot. air flow	[m³/h]	1840.0



Weight	kg	27.000			
Internal surface	m²	1.60	External surface	m²	16
Inlet connection		10 mm	Output connection		10 mm
Total circuit capacity	dm³	4.0	Fin spacing	mm	4.5 / 9
Drain connection		1" GAS			
Defrost		Electric	W	3000	
Fan Motors	n.	4	Diameter	mm	230
Air flow	m³/h	1840	Air throw	m	2.5
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.40	Absorbed power	W	212
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	36			

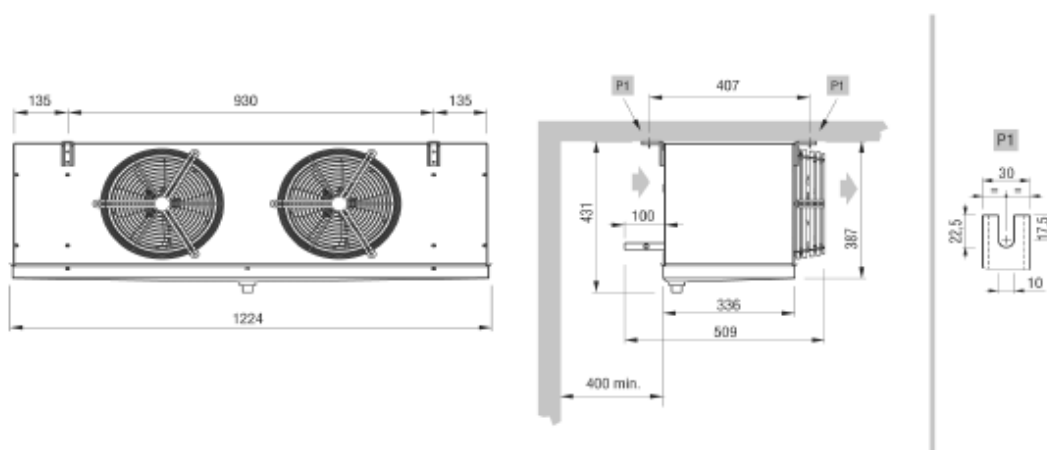
User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.1	Evaporating temperature	[°C]	-6.0
Inlet air temperature	[°C]	2.0	Refrigerant		CO2
DT	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	Absent				

Selected model: 1 x CGC 252G6

Capacity	[kW]	2.36	Margin	[%]	12.6
DT	[Δ°C]	7.1	Tot. air flow	[m³/h]	1695.0



Weight	kg	22.000			
Internal surface	m²	0.69	External surface	m²	10
Inlet connection		12 mm	Output connection		12 mm
Total circuit capacity	dm³	1.6	Fin spacing	mm	6
Drain connection		1" GAS			
Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	1695	Air throw	m	10.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.36	Absorbed power	W	190
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	34			

User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

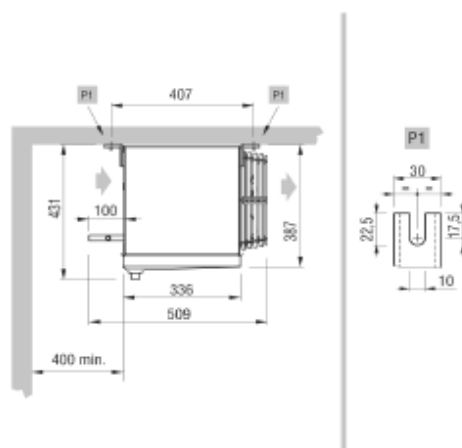
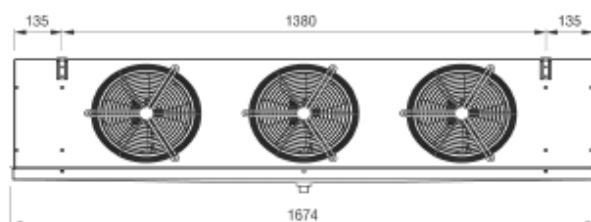
Capacity	[kW]	3.6	Evaporating temperature	[°C]	-32.0
Inlet air temperature	[°C]	-24.0	Refrigerant		CO2
DT	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			

Heat exchanger	Aluminium fin	Casing	Standard
Fan motor feed	Standard	Type of fan motor	AC motors
Defrost	ED		

Selected model: 1 x CGC 253E8

ED

Capacity	[kW]	3.58	Margin	[%]	-0.5
DT	[Δ°C]	8.1	Tot. air flow	[m³/h]	2520.0



Weight	kg	34.000			
Internal surface	m²	1.38	External surface	m²	15
Inlet connection		12 mm	Output connection		12 mm
Total circuit capacity	dm³	3.2	Fin spacing	mm	8
Drain connection		1" GAS			
Defrost		Electric	W		3325
Fan Motors	n.	3	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	2520	Air throw	m	10.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	2.04	Absorbed power	W	285
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	36			

User : Jose Ruben Garcia

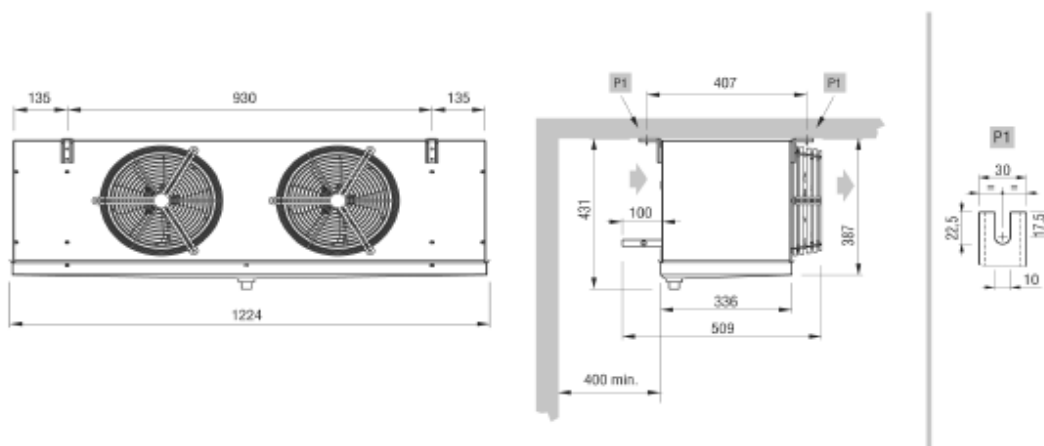
Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	3.2	Evaporating temperature	[°C]	-6.0
Inlet air temperature	[°C]	2.0	Refrigerant		CO2
DT	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			

Heat exchanger	Aluminium fin	Casing	Standard
Fan motor feed	Standard	Type of fan motor	AC motors
Defrost	Absent		

Selected model: 1 x CGC 252E4

Capacity	[kW]	3.46	Margin	[%]	8.2
DT	[Δ°C]	7.4	Tot. air flow	[m³/h]	1536.0



Weight	kg	26.000			
Internal surface	m²	0.92	External surface	m²	19
Inlet connection		12 mm	Output connection		12 mm
Total circuit capacity	dm³	2.1	Fin spacing	mm	4
Drain connection		1" GAS			

Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	1536	Air throw	m	8.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.36	Absorbed power	W	190
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	34			

User : Jose Ruben Garcia

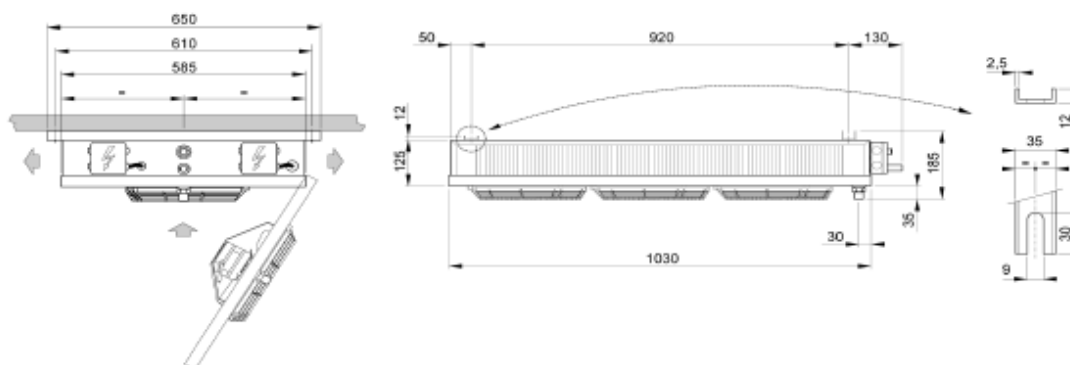
Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.2	Evaporating temperature	[°C]	2.0
Inlet air temperature	[°C]	10.0	Refrigerant		CO2
DT	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			

Heat exchanger	Aluminium fin	Casing	Standard
Fan motor feed	Standard	Type of fan motor	AC motors
Defrost	Absent		

Selected model: 1 x CDD 23A49

Capacity	[kW]	2.61	Margin	[%]	18.8
DT	[Δ°C]	6.8	Tot. air flow	[m³/h]	1380.0



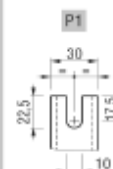
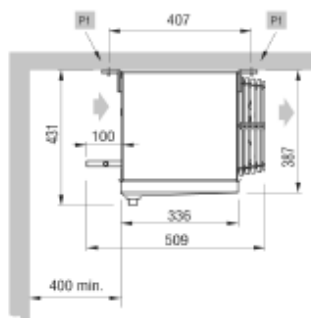
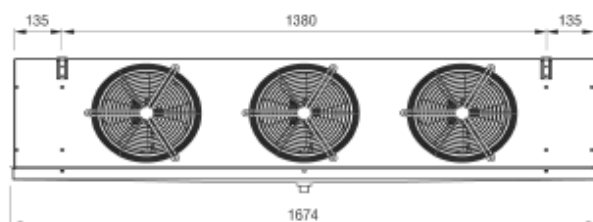
Weight	kg	21.000			
Internal surface	m²	1.20	External surface	m²	12
Inlet connection		10 mm	Output connection		10 mm
Total circuit capacity	dm³	3.0	Fin spacing	mm	4.5 / 9
Drain connection		1/2" GAS			

Fan Motors	n.	3	Diameter	mm	230
Air flow	m³/h	1380	Air throw	m	2.5
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.05	Absorbed power	W	159
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	35			

User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.7	Evaporating temperature	[°C]	-32.0
Inlet air temperature	[°C]	-24.0	Refrigerant		CO2
DT	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	ED				
Selected model: 1 x CGC 253G8			ED		
Capacity	[kW]	2.80	Margin	[%]	3.7
DT	[Δ°C]	7.7	Tot. air flow	[m³/h]	2587.5



Weight	kg	31.000			
Internal surface	m²	1.04	External surface	m²	11
Inlet connection		12 mm	Output connection		12 mm
Total circuit capacity	dm³	2.4	Fin spacing	mm	8
Drain connection		1" GAS			
Defrost		Electric	W		3325
Fan Motors	n.	3	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	2588	Air throw	m	11.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	2.04	Absorbed power	W	285
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	36			

User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

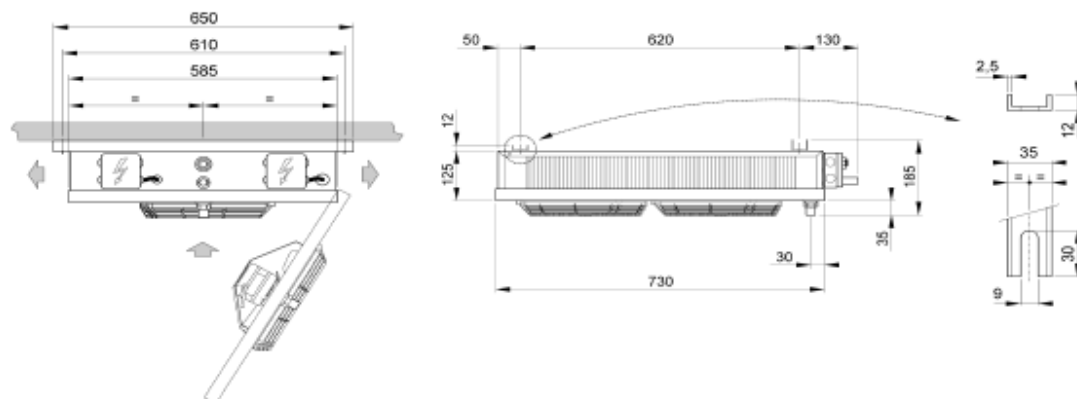
Capacity	[kW]	1.4	Evaporating temperature	[°C]	-8.0
Inlet air temperature	[°C]	0.0	Refrigerant		CO2
DT	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			

Heat exchanger	Aluminium fin	Casing	Standard
Fan motor feed	Standard	Type of fan motor	AC motors
Defrost	ED		

Selected model: 1 x CDD 22A49

ED

Capacity	[kW]	1.51	Margin	[%]	7.8
DT	[Δ°C]	7.5	Tot. air flow	[m³/h]	920.0



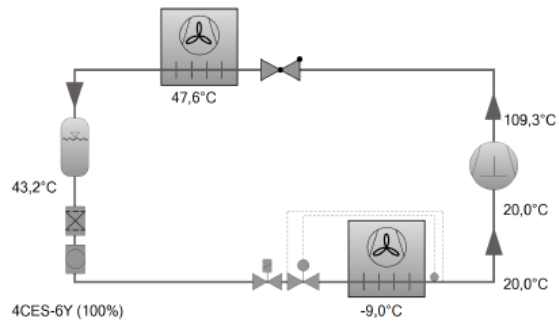
Weight	kg	15.000			
Internal surface	m²	0.80	External surface	m²	8
Inlet connection		10 mm	Output connection		10 mm
Total circuit capacity	dm³	2.0	Fin spacing	mm	4.5 / 9
Drain connection		1/2" GAS			
Defrost		Electric	W		1600
Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	230
Air flow	m³/h	920	Air throw	m	2.5
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	0.70	Absorbed power	W	106
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	33			

Compresores de R-449a.

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4CES-6Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-9,00 °C
Temp. de condensación	47,6 °C
Líquido subenfriado (después del condensador)	0 K
Temperatura de gas aspirado	20,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



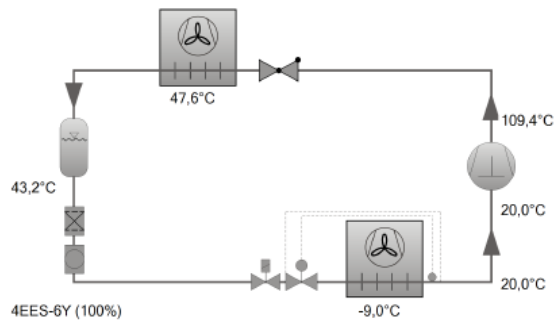
Resultado

Compresor	4CES-6Y-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	15,95 kW
Potencia frigorífica *	15,95 kW
Potencia en el evap.	15,95 kW
Potencia absorbida	7,13 kW
Corriente (400V)	12,40 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	23,1 kW
COP/EER	2,24
COP/EER *	2,24
Caudal másico	374 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	109,3 °C

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4EES-6Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-9,00 °C
Temp. de condensación	47,6 °C
Líquido subenfriado (después del condensador)	0 K
Temperatura de gas aspirado	20,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



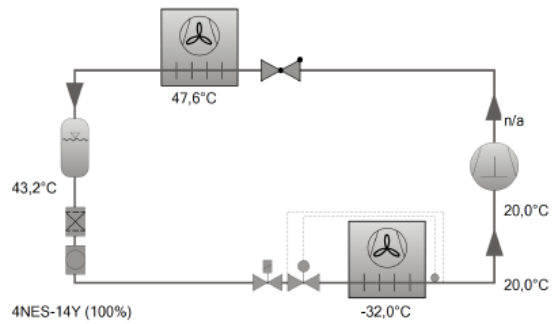
Resultado

Compresor	4EES-6Y-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	10,95 kW
Potencia frigorífica *	10,95 kW
Potencia en el evap.	10,95 kW
Potencia absorbida	4,90 kW
Corriente (400V)	8,76 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	15,85 kW
COP/EER	2,23
COP/EER *	2,23
Caudal másico	257 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	109,4 °C

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4NES-14Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-32,00 °C
Temp. de condensación	47,6 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	0 K
Temperatura de gas aspirado	20,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



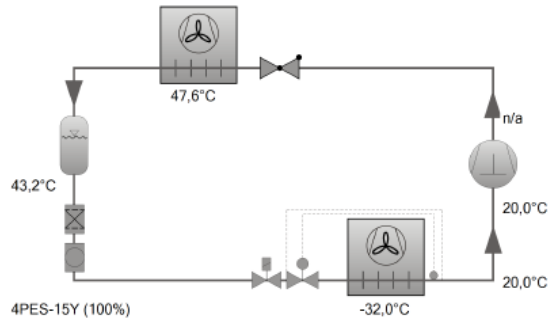
Resultado

Compresor	4NES-14Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	7,36 kW
Potencia frigorífica *	7,36 kW
Potencia en el evap.	7,36 kW
Potencia absorbida	5,31 kW
Corriente (400V)	10,84 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	12,68 kW
COP/EER	1,39
COP/EER *	1,39
Caudal másico	168,0 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	—

Selección: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4PES-15Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R449A
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-32,00 °C
Temp. de condensación	47,6 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	0 K
Temperatura de gas aspirado	20,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



Resultado

Compresor	4PES-15Y-40P
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	5,64 kW
Potencia frigorífica *	5,64 kW
Potencia en el evap.	5,64 kW
Potencia absorbida	4,21 kW
Corriente (400V)	11,67 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	9,84 kW
COP/EER	1,34
COP/EER *	1,34
Caudal másico	128,6 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	—

Condensadores R-449a.

SELECTION

Model

AL91 2MSC V6
(EUROVENT CERTIFIED)

Running conditions

Fluid :	R449A
Calculated heat rejection (kW) :	24.7
Ambient temperature (°C) :	40.6
Condensing temperature (°C) :	47.1
Altitude (m) :	200
Against corrosion coating :	No
Subcooling :	No

Ventilation

Air flow (m3/h) :	12700
Number of fans x Diameter (mm) :	2 x 910
Rotation speed (rpm) :	335
Input power per motor (W) :	0,180000007152557
Voltage :	400V-3-50Hz
Current per motor (A) :	0.40
Sound power level (dBA) :	62
Acoustic pressure (dBA @ 10m) :	30
Energy Class :	A

Technical specifications

Surface (m²) :	256
Internal volume (dm3) :	33
Fin spacing (mm) :	2.12
Weight (kg) :	377

Connections

(to be confirmed while ordering)

Inlet diameter :	1"3/8
Outlet diameter :	1"3/8

Overall dimensions

Vertical air flow (L (mm) x w (mm) x H (mm)) :	3420 x 1137 x 1610
Batterie horizontale	

SELECTION

Model

AL91 4MDE V6
(EUROVENT CERTIFIED)

Running conditions

Fluid :	R449A
Calculated heat rejection (kW) :	65.2
Ambient temperature (°C) :	40.6
Condensing temperature (°C) :	47.2
Altitude (m) :	200
Against corrosion coating :	No
Subcooling :	No

Ventilation

Air flow (m ³ /h) :	32232
Number of fans x Diameter (mm) :	4 x 910
Rotation speed (rpm) :	335
Input power per motor (W) :	0,180000007152557
Voltage :	400V-3-50Hz
Current per motor (A) :	0.40
Sound power level (dBA) :	65
Acoustic pressure (dBA @ 10m) :	33
Energy Class :	A

Technical specifications

Surface (m ²) :	768
Internal volume (dm ³) :	98
Fin spacing (mm) :	2.12
Weight (kg) :	883

Connections

(to be confirmed while ordering)

Inlet diameter :	2 x 1"5/8
Outlet diameter :	2 x 1"5/8

Overall dimensions

Vertical air flow (L (mm) x w (mm) x H (mm)) :	4920 x 2205 x 1610
Batterie horizontale	

Evaporadores R-449a.



DLL - 1.13 , DB - 150617.03



User : Jose Ruben Garcia

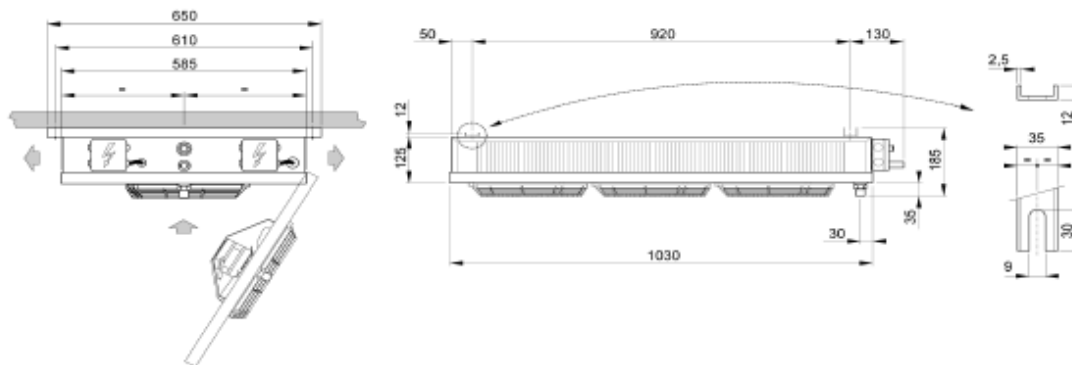
Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.9		
Inlet air temperature	[°C]	0.0	Evaporating temperature [Dew]	[°C] -8.0
DT [Dew]	[Δ°C]	8.0	Refrigerant	R449A
Minimum number of units in room		1		
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors
Defrost	ED			

Selected model: 1 x MIC 301

ED

Capacity	[kW]	3.17	Margin	[%]	9.4
DT [Dew]	[Δ°C]	7.3	Tot. air flow	[m³/h]	1380.0



Weight	kg	19.000			
Internal surface	m²	1.92	External surface	m²	12
Inlet connection		1/2" SAE	Output connection		22 mm
Total circuit capacity	dm³	3.0	Fin spacing	mm	4.5 / 9
Drain connection		1/2" GAS			
Defrost		Electric	W	2400	
Fan Motors	n.	3	Diameter	mm	230
Air flow	m³/h	1380	Air throw	m	2.5
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.05	Absorbed power	W	159
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	35			

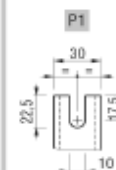
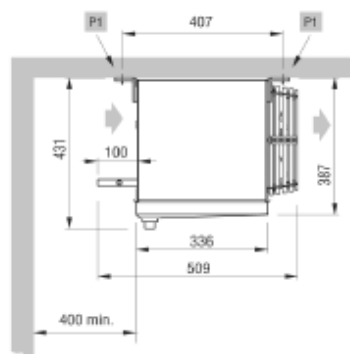
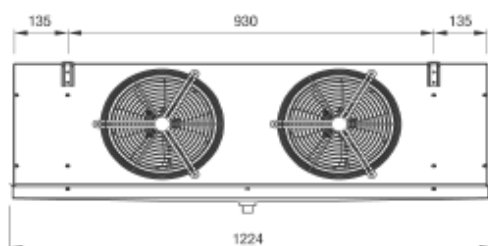
User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.1	Evaporating temperature [Dew]	[°C]	-6.0
Inlet air temperature	[°C]	2.0	Refrigerant		R449A
DT [Dew]	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	Absent				

Selected model: 1 x GCE 252G8

Capacity	[kW]	2.58	Margin	[%]	22.7
DT [Dew]	[Δ°C]	6.6	Tot. air flow	[m³/h]	1725.0



Weight	kg	20.000			
Internal surface	m²	1.10	External surface	m²	8
Inlet connection		12 mm	Output connection		22 mm
Total circuit capacity	dm³	1.6	Fin spacing	mm	8
Drain connection		1" GAS			
Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	1725	Air throw	m	9.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.36	Absorbed power	W	190
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	34			

User : Jose Ruben Garcia

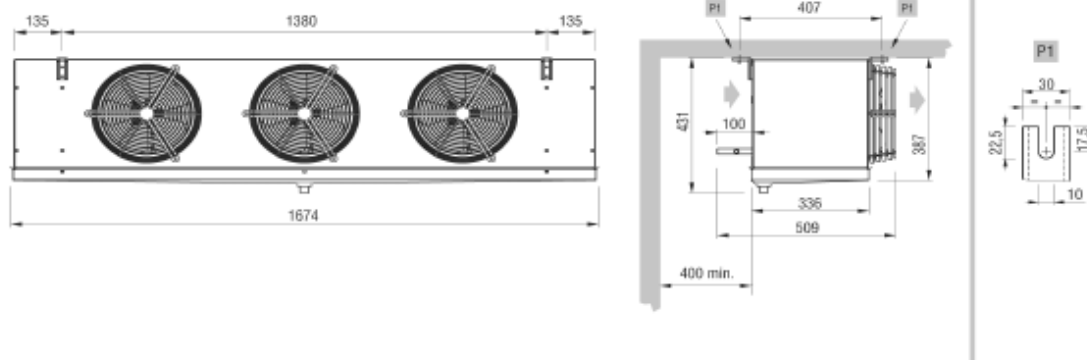
Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	3.6	Evaporating temperature [Dew]	[°C]	-32.0
Inlet air temperature	[°C]	-24.0	Refrigerant		R449A
DT [Dew]	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	ED				

Selected model: 1 x GCE 253E8

ED

Capacity	[kW]	3.91	Margin	[%]	8.6
DT [Dew]	[Δ°C]	7.4	Tot. air flow	[m³/h]	2520.0



Weight	kg	31.000			
Internal surface	m²	2.19	External surface	m²	15
Inlet connection		12 mm	Output connection		22 mm
Total circuit capacity	dm³	3.2	Fin spacing	mm	8
Drain connection		1" GAS			
Defrost	Electric		W		3325
Fan Motors	n.	3	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	2520	Air throw	m	10.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	2.04	Absorbed power	W	285
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	36			

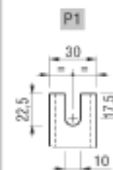
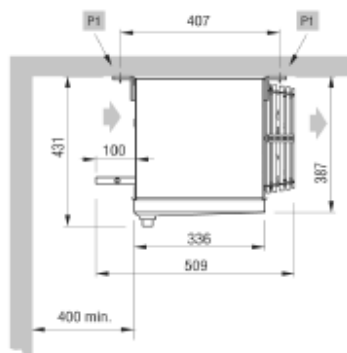
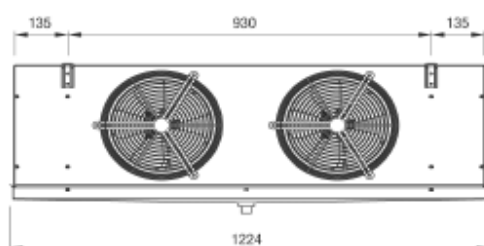
User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	3.2	Evaporating temperature [Dew]	[°C]	-6.0
Inlet air temperature	[°C]	2.0	Refrigerant		R449A
DT [Dew]	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	Absent				

Selected model: 1 x GCE 252E8

Capacity	[kW]	3.23	Margin	[%]	0.9
DT [Dew]	[Δ°C]	7.9	Tot. air flow	[m³/h]	1680.0



Weight	kg	22.500			
Internal surface	m²	1.46	External surface	m²	10
Inlet connection		12 mm	Output connection		22 mm
Total circuit capacity	dm³	2.1	Fin spacing	mm	8
Drain connection		1" GAS			
Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	1680	Air throw	m	8.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.36	Absorbed power	W	190
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	34			

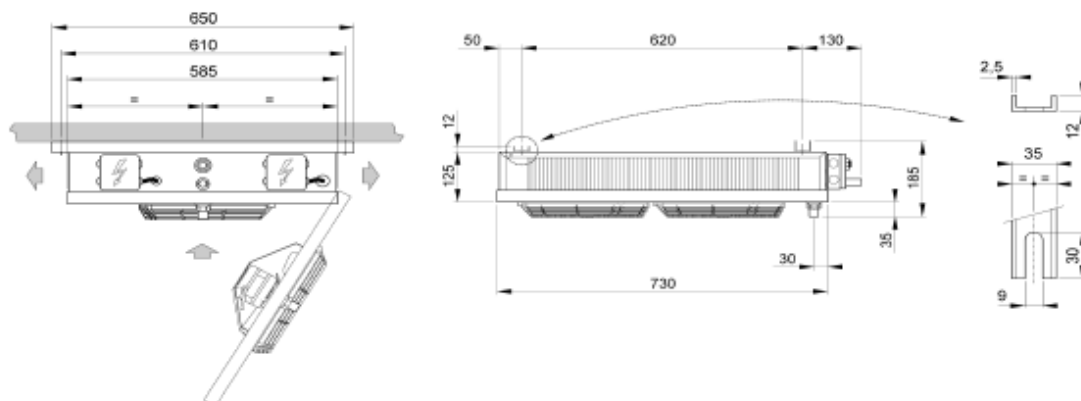
User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.2	Evaporating temperature [Dew]	[°C]	2.0
Inlet air temperature	[°C]	10.0	Refrigerant		R449A
DT [Dew]	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	Absent				

Selected model: 1 x MIC 201

Capacity	[kW]	2.40	Margin	[%]	8.9
DT [Dew]	[Δ°C]	7.4	Tot. air flow	[m³/h]	920.0

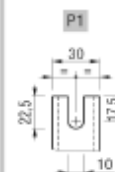
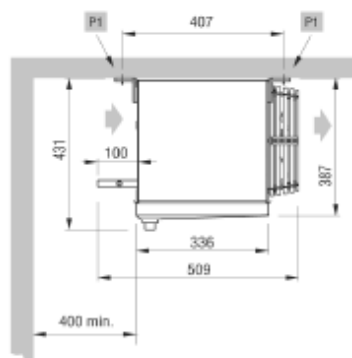
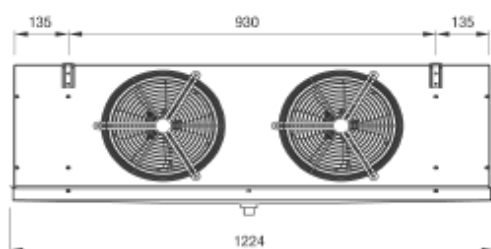


Weight	kg	13.400			
Internal surface	m²	1.28	External surface	m²	8
Inlet connection		1/2" SAE	Output connection		16 mm
Total circuit capacity	dm³	2.0	Fin spacing	mm	4.5 / 9
Drain connection		1/2" GAS			
Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	230
Air flow	m³/h	920	Air throw	m	2.5
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	0.70	Absorbed power	W	106
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	33			

User : Jose Ruben Garcia

Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	2.7	Evaporating temperature [Dew]	[°C]	-32.0
Inlet air temperature	[°C]	-24.0	Refrigerant		R449A
DT [Dew]	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	ED				
Selected model: 1 x GCE 252E8			ED		
Capacity	[kW]	2.62	Margin	[%]	-2.8
DT [Dew]	[Δ°C]	8.2	Tot. air flow	[m³/h]	1680.0



Weight	kg	22.500			
Internal surface	m²	1.46	External surface	m²	10
Inlet connection		12 mm	Output connection		22 mm
Total circuit capacity	dm³	2.1	Fin spacing	mm	8
Drain connection		1" GAS			
Defrost	Electric		W	2250	
Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	250
Air flow	m³/h	1680	Air throw	m	8.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	1.36	Absorbed power	W	190
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	34			

User : Jose Ruben Garcia

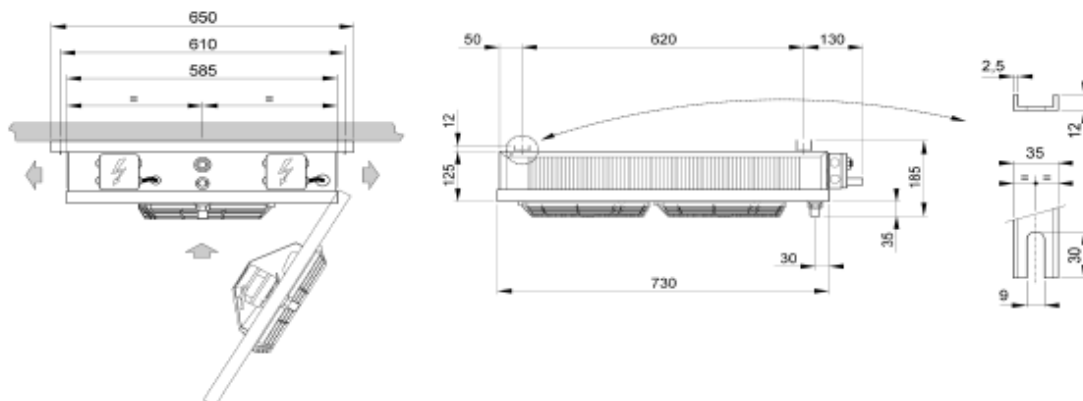
Selection Unit cooler
2/18/2019

Capacity	[kW]	1.5	Evaporating temperature [Dew]	[°C]	-8.0
Inlet air temperature	[°C]	0.0	Refrigerant		R449A
DT [Dew]	[Δ°C]	8.0			
Minimum number of units in room		1			
Heat exchanger	Aluminium fin		Casing	Standard	
Fan motor feed	Standard		Type of fan motor	AC motors	
Defrost	ED				

Selected model: 1 x MIC 161

ED

Capacity	[kW]	1.83	Margin	[%]	22.2
DT [Dew]	[Δ°C]	6.6	Tot. air flow	[m³/h]	1080.0



Weight	kg	12.200			
Internal surface	m²	0.96	External surface	m²	5
Inlet connection		1/2" SAE	Output connection		16 mm
Total circuit capacity	dm³	1.4	Fin spacing	mm	4.5 / 9
Drain connection		1/2" GAS			
Defrost		Electric	W	1600	
Fan Motors	n.	2	Diameter	mm	230
Air flow	m³/h	1080	Air throw	m	3.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	0.70	Absorbed power	W	106
Tot. Pres.S.Lev. 10 m.	dB(A)	33			

